



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Unidad de Posgrado

**Evaluación de la provisión del recurso hídrico y el  
cultivo de arroz, con un enfoque de valoración  
económica en el ámbito del área de Conservación  
Privada Copallín, Amazonas**

**TESIS**

Para optar el grado de Magíster en Ciencias Ambientales con  
Mención en Control de la Contaminación y Ordenamiento  
Ambiental

**AUTOR**

Tania Estela COTRINA TELLO

**ASESOR**

Oscar Rafael TINOCO GÓMEZ

Lima, Perú

2016



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Cotrina, T. (2016). *Evaluación de la provisión del recurso hídrico y el cultivo de arroz, con un enfoque de valoración económica en el ámbito del área de Conservación Privada Copallín, Amazonas*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)  
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica  
UNIDAD DE POSGRADO



« Año de la consolidación del Mar de Grau »

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, a los veintinueve días del mes de enero del 2016, siendo las 12:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del JURADO EXAMINADOR DE TESIS, nombrado mediante Dictamen N.º 005/UPG-FIGMMG/2016 del 14 de enero del 2015, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TÍTULO

«EVALUACIÓN DE LA PROVISIÓN DEL RECURSO HIDRICO Y EL CULTIVO DE ARROZ, CON UN ENFOQUE DE VALORACION ECONOMICA EN EL ÁMBITO DEL ÁREA DE CONSERVACIÓN PRIVADA COPALLÍN, AMAZONAS»

Que, presenta la Bach. TANIA ESTELA COTRINA TELLO, para optar el GRADO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES con mención en CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL.

El secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente 01594-FIGMMG-2014 del 06 de marzo del 2014, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento de los Estudios de Maestría».

Luego de la Sustentación de la Tesis, los miembros del Jurado Examinador procedieron a aplicar la escala descrita en el Art. 61 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

*Muy Bueno 17*

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES con mención en CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL a la Bach. TANIA ESTELA COTRINA TELLO

Siendo las 13:30 horas, se dio por concluido al acto académico

DR. CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA  
Presidente

DR. FRANCISCO ALEJANDRO ALCÁNTARA BOZA  
Secretario

MG. CARLOS DEL VALLE JURADO  
Miembro

DR. JORGE LEONARDO JAVE NAKAYO  
Miembro

DR. OSCAR RAFAEL TINOCO GOMEZ  
Asesor



## **DEDICATORIA**

*A Dios por darme fortaleza y valor.*

*A la memoria de mi abuelita Estela, de quien guardo un grato recuerdo, por su ejemplo de fortaleza y superación.*

*A mi madre, por su invalorable apoyo, motivación, colaboración y dedicación.*

*A mi esposo e hijo, por su comprensión y cariño constante.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi familia, por su confianza y apoyo permanente.*

*A los profesores de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica, Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por los conocimientos brindados a lo largo de mi formación profesional.*

*A mi asesor, el Dr. Oscar Tinoco Gómez, por sus conocimientos, aportes y orientación para la realización de la presente investigación.*

*Un agradecimiento especial a la Asociación Peruana para la Conservación de la Naturaleza, por las facilidades brindadas y el acceso a valiosa información.*

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
LISTA DE CUADROS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
 CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN .....	14
1.1. Situación Problemática .....	14
1.2. Formulación del problema .....	16
1.3. Justificación teórica .....	18
1.4. Justificación práctica.....	19
1.5. Objetivos.....	19
1.5.1. Objetivo General.....	19
1.5.2. Objetivos Específicos .....	19
 CAPÍTULO II .....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes de la investigación .....	21
2.2. Bases Teóricas .....	27
2.3. Marco Conceptual.....	52
2.4. Caracterización del área de estudio .....	56
2.4.1. Características biofísicas.....	56
2.4.2. Características socioeconómicas .....	70
 CAPÍTULO III	
HIPOTESIS Y VARIABLES.....	74
3.1. Hipótesis general .....	74
3.2. Hipótesis específicas .....	74

3.3. Identificación de variables.....	75
3.4. Operacionalización de variables .....	75
3.5. Matriz de consistencia .....	75

#### CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA.....	77
4.1. Tipo y diseño de investigación.....	77
4.2. Unidad de análisis .....	78
4.3. Población de estudio .....	78
4.4. Tamaño de muestra.....	78
4.5. Selección de muestra .....	79
4.6. Técnicas de recolección de datos.....	79
4.7. Análisis e interpretación de la información.....	79
4.8. Etapas de trabajo.....	81

#### CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	84
5.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	84
5.1.1 Análisis de la provisión del recurso hídrico.....	84
5.1.2 Análisis del proceso de deforestación .....	112
5.1.3 Análisis de la demanda de agua para el cultivo de arroz .....	123
5.1.4 Estimación del valor del agua como insumo en la producción agrícola del cultivo de arroz.....	129
5.2. Prueba de hipótesis .....	131
5.3. Discusión de resultados.....	138
CONCLUSIONES.....	141
RECOMENDACIONES .....	142
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	143
ANEXOS .....	

## LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro 1.</i> Microcuencas e intercuencas según superficie .....	61
<i>Cuadro 2.</i> Quebradas según longitud .....	62
<i>Cuadro 3.</i> Principales características de los canales según Junta de usuarios. ....	64
<i>Cuadro 4.</i> Características litológicas según unidad geológica .....	68
<i>Cuadro 5.</i> Unidades de cobertura y uso según superficie .....	69
<i>Cuadro 6.</i> Principales cultivos.....	71
<i>Cuadro 7.</i> Tamaño promedio de parcelas según microcuenca.....	72
<i>Cuadro 8.</i> Actividades que afectan la disponibilidad de agua .....	73
<i>Cuadro 9.</i> Variables e Indicadores.....	75
<i>Cuadro 10.</i> Matriz de consistencia.....	76
<i>Cuadro 11.</i> Valor ponderado de curva número (CN) – Intercuenca Agua Turbia .....	86
<i>Cuadro 12.</i> Caudal promedio mensual y total anual - Intercuenca Agua Turbia .....	87
<i>Cuadro 13.</i> Caudal promedio mensual y total anual - Intercuenca Chirimoyo.....	89
<i>Cuadro 14.</i> Caudal promedio mensual y total anual - Intercuenca Tesoro.....	92
<i>Cuadro 15.</i> Caudal promedio mensual y total anual - Intercuenca Tomaque.....	94
<i>Cuadro 16.</i> Caudal promedio mensual y total anual - Intercuenca Vigilancia .....	96
<i>Cuadro 17.</i> Caudal promedio mensual y total anual - Microcuenca Copallín.....	99
<i>Cuadro 18.</i> Caudal promedio mensual y total anual - Microcuenca El Ron .....	101
<i>Cuadro 19.</i> Caudal promedio mensual y total anual - Microcuenca Naranjitos.....	104
<i>Cuadro 20.</i> Caudal promedio mensual y total anual - Microcuenca Naranjos .....	106

<i>Cuadro 21. Caudal promedio mensual y total anual - Microcuenca San Juan.....</i>	109
<i>Cuadro 22. Resumen de la oferta hídrica anual 1989 -2007 .....</i>	111
<i>Cuadro 23. Oferta hídrica anual para cultivo de arroz 1989 -2007 .....</i>	112
<i>Cuadro 24. Resumen de superficies de cobertura y uso según periodos .....</i>	119
<i>Cuadro 25. Superficie deforestada por periodos y total acumulado.....</i>	120
<i>Cuadro 26. Superficie total de cultivos de arroz - 2007 .....</i>	125
<i>Cuadro 27. Superficie total de cultivos de arroz, producción y valor anual de la producción – 2007 .....</i>	126
<i>Cuadro 28. Demanda de agua para cultivo de arroz – 2007 .....</i>	127
<i>Cuadro 29. Oferta y demanda hídrica para cultivo de arroz – 2007.....</i>	129
<i>Cuadro 30. Costo del agua para cultivo de arroz -2007.....</i>	130
<i>Cuadro 31. Valor anual del agua para cultivo de arroz -2007 .....</i>	130
<i>Cuadro 32. Datos para la correlación de la hipótesis general.....</i>	132
<i>Cuadro 33. Correlación Provisión del recurso hídrico (MMC) vs Valor del agua como insumo en la producción del cultivo de arroz (S/.)..</i>	133
<i>Cuadro 34. Datos para la correlación de la hipótesis específica 1.....</i>	134
<i>Cuadro 35. Correlación Oferta hídrica para cultivo de arroz (MMC) vs Demanda de agua para cultivo de arroz (MMC) .....</i>	135
<i>Cuadro 36. Datos para la correlación de la hipótesis específica 2.....</i>	137
<i>Cuadro 37. Correlación Deforestación acumulada (Ha) vs Variación de la oferta hídrica para cultivo de arroz (MMC).....</i>	137

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Extensión, Población y Disponibilidad de Agua por Vertientes...	28
<i>Figura 2.</i> Disponibilidad de Agua para Uso Consuntivo, Ámbito Nacional: 2000 - 2001 (MMC/año).....	29
<i>Figura 3.</i> Proceso de escurrimiento de una cuenca.....	30
<i>Figura 4.</i> Fórmula para el cálculo de la precipitación efectiva promedio mensual .....	31
<i>Figura 5.</i> Grupo hidrológico del suelo según uso de la tierra .....	32
<i>Figura 6.</i> Relación funciones ecosistémicas y servicios ambientales. ....	40
<i>Figura 7.</i> Clasificación de los servicios ecosistémicos.....	42
<i>Figura 8.</i> Valor económico total y Métodos de valoración.....	49
<i>Figura 9.</i> Mapa del área de estudio .....	58
<i>Figura 10.</i> Mapa de distribución de microcuencas e intercuencas.....	60
<i>Figura 11.</i> Mapa de principales canales y quebradas.....	65
<i>Figura 12.</i> Principal actividad económica.....	70
<i>Figura 13.</i> Principales problemas ambientales .....	72
<i>Figura 14.</i> Situación de la disponibilidad de agua en los últimos 5 años. ..	73
<i>Figura 15.</i> Etapas de trabajo.....	81
<i>Figura 16.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Agua Turbia – 1989.. .....	88
<i>Figura 17.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Agua Turbia – 2000. ....	88
<i>Figura 18.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Agua Turbia – 2007. ....	88
<i>Figura 19.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Chirimoyo – 1989.....	90
<i>Figura 20.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Chirimoyo – 2000.....	90
<i>Figura 21.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Chirimoyo – 2007.....	91
<i>Figura 22.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Tesoro – 1989.....	93

<i>Figura 23.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Tesoro – 2000.....	93
<i>Figura 24.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Tesoro – 2007.....	93
<i>Figura 25.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Tomaque – 1989.....	95
<i>Figura 26.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Tomaque – 2000.....	95
<i>Figura 27.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Tomaque – 2007.....	95
<i>Figura 28.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Vigilancia – 1989.....	97
<i>Figura 29.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Vigilancia – 2000.....	97
<i>Figura 30.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Vigilancia – 2007.....	98
<i>Figura 31.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Copallín – 1989.....	100
<i>Figura 32.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Copallín – 2000.....	100
<i>Figura 33.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Copallín – 2007.....	100
<i>Figura 34.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca El Ron – 1989.. ..	102
<i>Figura 35.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca El Ron– 2000. ....	102
<i>Figura 36.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca El Ron – 2007.. ..	103
<i>Figura 37.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Naranjitos – 1989.....	105
<i>Figura 38.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Naranjitos – 2000.....	105
<i>Figura 39.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Naranjitos – 2007.....	105



<i>Figura 40.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Naranjos – 1989. ....	107
<i>Figura 41.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Naranjos – 2000.....	107
<i>Figura 42.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Naranjos – 2007.....	108
<i>Figura 43.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca San Juan – 1989.....	110
<i>Figura 44.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca San Juan – 2000.....	110
<i>Figura 45.</i> Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca San Juan – 2007.....	110
<i>Figura 46.</i> Dinámica del proceso de deforestación según periodos.....	113
<i>Figura 47.</i> Mapas de cobertura y uso. ....	114
<i>Figura 48.</i> Mapa de cobertura y uso – 1989 .....	116
<i>Figura 49.</i> Mapa de cobertura y uso – 2000 .....	117
<i>Figura 50.</i> Mapa de cobertura y uso - 2007 .....	118
<i>Figura 51.</i> Superficies de cobertura y uso según periodos.....	119
<i>Figura 52.</i> Superficie deforestada por periodos según microcuenca. ....	121
<i>Figura 53.</i> Mapa de deforestación 1989 – 2007 .....	122
<i>Figura 54.</i> Mapa de superficie de cultivos de arroz – 2007.....	124
<i>Figura 55.</i> Superficie total de cultivos de arroz – 2007 .....	126
<i>Figura 56.</i> Demanda de agua para cultivo de arroz - 2007.....	128
<i>Figura 57.</i> Gráfico de la correlación y ecuación de regresión polinómica para la hipótesis general.....	133
<i>Figura 58.</i> Gráfico de la correlación y ecuación de regresión polinómica para la hipótesis específica 1.....	136
<i>Figura 59.</i> Gráfico de la correlación y ecuación de regresión polinómica para la hipótesis específica 2.....	138

## RESUMEN

La presente investigación se origina debido a la preocupación de la población local, quienes manifiestan que en los últimos años se ha registrado una disminución progresiva de la disponibilidad del agua en el ámbito Área de Conservación Privada Copallín, afectando principalmente la actividad agrícola del cultivo de arroz en la cuenca media y baja.

La tesis evalúa la relación que existe entre la provisión del recurso hídrico y el cultivo de arroz para el periodo comprendido entre los años 1989, 2000 y 2007, contemplando un enfoque de valoración económica, que se basa en la identificación del servicio de provisión de agua y en la cuantificación monetaria del valor de uso directo del agua como insumo en la producción agrícola del cultivo de arroz.

Se ha desarrollado en 7 etapas, involucra la definición del ámbito, la revisión de información base, la caracterización biofísica y socioeconómica, el análisis de la provisión del recurso hídrico mediante el método de abstracciones de la Soil Conservation Service (SCS), el análisis de la deforestación, el análisis de la demanda de agua para cultivo de arroz, estos dos últimos mediante interpretación visual empleando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Finalmente, la estimación del valor de uso directo del agua mediante la técnica de cambio en productividad.

Se ha determinado que: existe una correlación positiva moderada entre la provisión del recurso hídrico y el valor del agua como insumo en la producción del cultivo de arroz (coeficiente correlación=0.678), correlación positiva moderada entre la oferta hídrica y la demanda de agua para cultivo de arroz (coeficiente correlación=0.671); y una correlación positiva muy fuerte entre la deforestación acumulada y la disminución de oferta hídrica para todo el periodo de análisis 1989-2007 (coeficiente correlación=0.983).

**Palabras clave:** Provisión del recurso hídrico, cultivo de arroz, valoración económica.

## ABSTRACT

This research develops because to the concern of the local population who express that in recent years there has been registered a progressive decrease of water availability in the ambit of Copallín Private Conservation Area, mainly affecting rice cultivation in the middle and lower basin.

The thesis evaluates the relationship between the provision of water resources and growing rice for the period between 1989, 2000 and 2007, with a focus on economic valuation approach, which is based on service identification water supply and monetary quantification of the value of direct use of water as an input in agricultural production of rice.

It has been developed in 7 stages, involves the definition of ambit, review of basic information, biophysics and socioeconomic characterization, analysis of the provision of water resources by the method of abstractions of the Soil Conservation Service (SCS), analysis of deforestation, analysis of water demand for rice, the latter two by visual interpretation using Geographic Information Systems (GIS). Finally, estimating the value of water by the technique of change in productivity.

It has been determined that: There is a moderate positive correlation between the provision of water resources and the value of water as an input in the production of rice (correlation coefficient = 0.678), moderate positive correlation between water supply and water demand for rice (correlation coefficient = 0.671) and a very strong positive correlation between the accumulated deforestation and reduced water supply for the entire 1989-2007 period of analysis (correlation coefficient = 0.983).

**Keywords:** Provision of water resources, rice cultivation, economic valuation.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1. Situación Problemática**

En la actualidad, a nivel global, se enfrenta un creciente problema de disminución gradual y sostenida del recurso hídrico. Un estudio desarrollado por las Naciones Unidas demuestra que la situación de la oferta de agua va a empeorar en los próximos 30 años. La demanda de agua por parte de la agricultura también va a ser significativa, inclusive tomando en cuenta la situación actual, donde ésta representa el 70% del consumo de agua en todo el mundo. La Organización de las Naciones Unidas proyecta que la demanda se va a incrementar para el año 2025 en un 50-100 %. (Echevarría, 1999).

Las Áreas Naturales Protegidas, representan uno de los mecanismos más importantes para la conservación y gestión de los servicios hídricos. Pese a que son muchos los casos donde existe un área natural protegida cercana a una población usuaria de agua, son pocas las experiencias que investigan la temática de la provisión del recurso hídrico y su relación con la actividad agrícola del cultivo de arroz, empleando un enfoque de valoración económica.

El enfoque de valoración económica permite evidenciar, en primera instancia, la importancia del servicio ecosistémico de provisión de

agua, que constituyen un activo ambiental para la población; y por otro lado, el valor netamente monetario del agua como insumo en la producción agrícola del cultivo de arroz. Además, la valoración económica constituye una herramienta económica que favorece la toma de decisiones junto con otras consideraciones importantes, para un adecuado manejo, protección, recuperación y/o conservación de espacios naturales y el establecimiento de iniciativas de compensación a futuro.

En este contexto, la presente investigación se desarrolla en el ámbito del Área de Conservación Privada de Copallín, Región Amazonas, provincias de Bagua y Utcubamba, distritos de Copallín, La Peca y Cajaruro. Área donde no se ha realizado una evaluación del potencial e importancia en términos de provisión de recurso hídrico pese a ser un ecosistema ubicado en cabecera de cuenca, con capacidad de almacenamiento natural de agua y que provee un servicio ecosistémico que beneficia a la población aledaña y requiere ser valorado en función sus usos y actividades.

Según los datos con los que se cuenta, cuantitativos y cualitativos, existirían problemas por la disminución del agua, algo que se evidencia con particular énfasis en el cultivo de arroz. La disminución de la oferta de agua se relaciona con el uso inadecuado de los recursos naturales y la ocupación de tierras de manera desordenada, caracterizados por el proceso de deforestación y por el cambio de uso, en detrimento de los bosques, afectando notablemente su disponibilidad, y alterando la actividad agrícola arrocería en la cuenca baja, además de tener incidencia directa en el bienestar de la población.

## 1.2. Formulación del problema

La provisión o suministro de agua, es uno de los servicios ecosistémicos más importantes, comparativamente, tienen mayor relevancia cuando los ecosistemas se localizan en las cabeceras de cuenca como es el caso del Área de Conservación Privada Copallín, que se caracteriza por ser un ecosistema de bosque montañoso localizado en cabecera de 5 microcuencas donde se originan las principales fuentes de agua de la zona, posee por tanto un valor importante en términos hidrológicos.

En el Área de Conservación Privada Copallín, la provisión se basa en la capacidad de almacenamiento de agua del ecosistema, mediante las fuentes de agua, quebradas, manantiales y lagunas; y de éstas depende su capacidad de distribución temporal.

El aprovechamiento de los servicios hídricos, se realiza de manera intensiva tanto para el consumo humano como para el desarrollo de actividades productivas principalmente el cultivo de arroz. En el primer caso, el agua se obtiene de manantiales por medio de redes de tuberías; en el segundo, la agricultura usa intensivamente los recursos hídricos, aprovecha el agua de las quebradas, gracias a la existencia de infraestructura de riego, siendo los agricultores de arroz y recientemente los de papaya y soya los principales beneficiarios por el volumen de agua empleada.

Según estudios realizados por la Asociación Peruana para la Conservación de la Naturaleza en el año 2013, la demanda de agua se concentra en la cuenca media y baja, debido al desarrollo de la actividad agrícola, donde los cultivos más importantes son: arroz, café, cacao, soya y papaya. De éstos, el arroz ocupa el 85% de la superficie agrícola y es el cultivo que consume y demanda la mayor cantidad de agua. Los actores involucrados reconocen como principal problema la disminución progresiva de la oferta hídrica, situación que

afecta sus cultivos reduciendo en muchos casos el número de campañas, además de tener incidencia directa en el nivel de ingresos económicos.

Esta situación requiere la evaluación de la provisión del recurso hídrico y su relación con la actividad agrícola del cultivo de arroz, para el periodo comprendido entre los años 1989 y 2007, que permita conocer el potencial en términos de oferta hídrica, la demanda de agua para cultivo de arroz y el análisis del proceso de deforestación, como un agente antrópico que influye en la oferta hídrica. Asociado con la aplicación de un instrumento económico que permita valorar este recurso desde la economía hídrica, para que los usuarios tomen conciencia de la importancia de cuidar el agua; y a su vez permita tomar medidas que garanticen su protección y el desarrollo de criterios de ordenación del recurso no apuntando a captar más agua, sino más bien a formular mecanismos centrados en la demanda y en los usuarios, que modifiquen los comportamientos. Por tal razón, teniendo como base sustentatoria lo antes expuesto se plantea el siguiente problema de investigación:

¿Cómo se relaciona la provisión del recurso hídrico con el cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín en Amazonas, considerando un enfoque de valoración económica?

Como problemas específicos se plantea responder las siguientes interrogantes:

- (i) ¿Cómo se relaciona la oferta hídrica con la demanda de agua para el cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín en Amazonas?
- (ii) ¿Cómo se relaciona el proceso de deforestación con la oferta hídrica para el cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín en Amazonas?

### **1.3. Justificación teórica**

La presente investigación se origina debido a la preocupación de la población local, quienes manifiestan que en los últimos años se ha registrado una disminución progresiva de la disponibilidad de agua en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, afectando las actividades agrícolas en la cuenca media y baja, principalmente el cultivo de arroz que ha sido uno de los más dinámicos de la agricultura peruana y por ello uno de importancia nacional.

El estudio evalúa la relación que existe entre la provisión del recurso hídrico y el cultivo de arroz para el periodo comprendido entre los años 1989, 2000 y 2007, debido principalmente a la disponibilidad de información de precipitación promedio mensual histórica y de imágenes de satélite tanto de tipo Landsat como Google Earth con cobertura y resolución óptimas para la discriminación y determinación de superficies temáticas. Esta concepción de revisión histórica de información, obedece a una necesidad de análisis de la evolución temporal de las variables que intervienen en el desarrollo de la investigación.

Se contempla un enfoque de valoración económica, que se basa en la identificación del servicio de provisión de agua y su importancia; además de la cuantificación monetaria del valor de uso directo del agua como insumo en la producción agrícola del cultivo de arroz.; y por otro lado motive la reflexión y el reconocimiento de la importancia del recurso hídrico, por ser cada vez más escaso para el consumo humano y desarrollo de actividades productivas. Además, de la posibilidad a futuro de desarrollar mecanismos de compensación ambiental por los servicios hídricos.



## **1.4. Justificación práctica**

El alcance de la investigación beneficiará directamente a la población local, afectada por la disminución del agua y sus efectos en la agricultura. Los resultados obtenidos serán de utilidad principalmente para:

- ✓ Instituciones que administran el uso del agua, que no cuentan con información suficiente para articular iniciativas de gestión y estrategias de intervención que ayuden a mitigar la problemática de los recursos hídricos.
- ✓ Promotores conservacionistas, ya que proveerá información sobre el valor económico del agua como insumo en la actividad agrícola del cultivo de arroz contribuyendo en la toma de decisiones y la mejora de estrategias de intervención.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Evaluar la provisión del recurso hídrico y su relación con el cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas, considerando un enfoque de valoración económica.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- (i) Evaluar la relación entre oferta hídrica y la demanda de agua para el cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas.

- (ii) Evaluar la relación entre el proceso de deforestación y la oferta hídrica para cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

A fin de obtener información necesaria para la elaboración del presente trabajo de investigación, se ha revisado la bibliografía disponible en libros, revistas, artículos y tesis tanto en versión impresa como digital, referente a los casos de aplicación, teorías y conceptos más significativos en torno al problema objeto de estudio, evaluando la mejora alternativa para los fines de la investigación y acorde con la accesibilidad a la información, disponibilidad de tiempo y recursos.

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

Se puede decir que son exiguas las experiencias que investigan acerca de la provisión del recurso hídrico y el cultivo de arroz en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas.

En este contexto, se consideran como antecedentes a nivel nacional los siguientes estudios y/o investigaciones:

##### **Investigación 1**

La Asociación Peruana para la Conservación de la Naturaleza (APECO), en el año 2013, en la ciudad de Lima, realizó el proyecto “Conservación de la Cordillera de Colán”. Uno de los componentes del

proyecto fue la evaluación de los servicios hídricos generados en el Área de Conservación Privada Copallín. Como parte de dicho componente se realizaron diversos estudios, uno de ellos se titula “Servicios Hídricos: Fuentes, Infraestructura y Usuarios” del año 2013, cuyo objetivo fue una evaluación preliminar de los servicios hídricos e involucró la identificación, verificación y georeferenciación de fuentes de agua, infraestructura hídrica y usuarios.

Además, se realizó otro estudio titulado “Línea base: Caracterización de los beneficiarios de los servicios hídricos del ACP Copallín” del año 2013, cuyo objetivo fue contar con información directa y actualizada sobre las condiciones socioeconómicas, percepción sobre la conservación y características de la actividad agrícola de los beneficiarios de los servicios hídricos. Se elaboró y aplicó un cuestionario dirigido a la población, siendo uno de los resultados más destacados el reconocimiento de la provisión de agua como uno de los servicios hídricos más importantes y la situación de la disponibilidad de agua, puesto que se considera que la cantidad de agua con la que se cuenta para el desarrollo de la agricultura es insuficiente y registra una disminución en los últimos 5 años.

La información elaborada por APECO sirvió de insumo base para el desarrollo de la presente investigación, por ser el referente más cercano ante la ausencia de trabajos específicos en el ámbito de interés y debido a que se realizaron las conversaciones necesarias a fin de acceder a la información generada por dicha institución.

## **Investigación 2**

El autor Loyola, R., en el año 2007, en Lima, realizó un estudio cuyo título es “Valoración del Servicio Ambiental de Provisión de Agua con base en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca – Cuenca del Río Chili”.

El estudio fue realizado a pedido de la Intendencia de Áreas Naturales Protegidas del ex INRENA y del Fondo Nacional para Áreas Naturales Protegidas por el Estado (PROFONANPE), con el objetivo de evaluar la posibilidad de implementación de un esquema de pagos por servicios ambientales relacionado con el recurso hídrico en la cuenca del río Chili, en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca.

En primer lugar se realizó un diagnóstico de la base institucional y social vinculada a la planificación, manejo y aprovechamiento del recurso hídrico para el ámbito nacional y el departamento de Arequipa y del río Chili, posteriormente se determinó el valor del servicio ambiental de provisión de agua para la población de Arequipa y para las principales industrias que se desarrollan en la cuenca del río Chili.

Como parte del estudio se realizó un reconocimiento de campo y visitas de coordinación a la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca, se convocaron reuniones con las principales instituciones involucradas, se colectaron datos con la población de Arequipa, las principales industrias y el sector agroexportador.

Los resultados determinaron un valor aproximado anual del recurso hídrico que asciende a US\$ 4 433 053,80, estimando valores para cada uno de los sectores, explicando las metodologías de valoración económica empleados y sus respectivos cálculos. El valor del beneficio económico calculado para el sector agricultura fue estimado en US\$ 243 084,82 al año.

Finalmente se plantea un esquema del Pago por Servicios Ambientales, sugiriendo alternativas de utilización para los probables ingresos que se puedan percibir a partir de un esquema de priorización que llevaría a un mejor uso de los fondos obtenidos.

A nivel internacional podemos mencionar las siguientes experiencias:

## **Investigación 1**

La autora Gutiérrez, J., en el año 2002, en la ciudad de Nicaragua, realizó una investigación titulada “Valoración económica del servicio ambiental hídrico en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, y propuesta para su incorporación en la tarifa hídrica, Matagalpa, Nicaragua”.

La investigación corresponde a una tesis de Maestría del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación en Costa Rica. El propósito fue estimar la disponibilidad y demanda actual de agua, así como aproximar el valor económico del servicio ambiental hídrico para ajustar la tarifa de agua en la ciudad de Matagalpa, se determinó la oferta hídrica en las subcuencas Molino Norte y San Francisco empleando sistemas de información geográfica, así como la demanda actual de agua por usuarios urbanos y rurales. La disposición a pagar (DAP) por el servicio ambiental hídrico por parte de los usuarios urbanos del agua en la ciudad de Matagalpa fue estimada empleando el método de Valoración Contingente (con modelos paramétricos y no paramétricos).

Se concluyó, que la implementación de un mecanismo de pago por el servicio ambiental hídrico en Matagalpa podría representar un atractivo incentivo a quienes adopten usos de la tierra que contribuyan a la captación y mejora de la calidad del agua, sin embargo, su adopción estaría en dependencia, tanto del monto ofrecido a los productores, como de la institución que se encargue de la implementación y seguimiento del programa en ambas subcuencas.

## **Investigación 2**

La autora Baltodano, M., en el año 2005, en la ciudad de Nicaragua realizó una investigación que lleva por título “Valoración Económica de la Oferta del Servicio Ambiental Hídrico en las subcuencas de los ríos Jucuapa y Calico, Nicaragua”.

La investigación corresponde a una tesis de Maestría en Socioeconomía Ambiental. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación, Costa Rica.

Se realizó con el objetivo de evaluar la viabilidad de implementar un sistema de pago por servicio ambiental hídrico (PSAH) en ambas zonas. La valoración se hizo con base en la cuantificación de los costos de inversión y mantenimiento de tecnologías y prácticas de protección y conservación de suelo y agua y un cambio de uso de la tierra. Los pasos metodológicos implicaron seleccionar áreas prioritarias, georeferenciando fuentes de agua e identificando zonas críticas con un sistema de información geográfica; además, se caracterizaron a los productores que viven en esas áreas. Las estimaciones económicas se hicieron para 10 años en todos los casos.

En el análisis final se concluyó que para la subcuenca de Jucuapa, por ahora no es posible implementar un esquema de PSA como tal, debido a que la tendencia de la demanda de agua indica una disposición a pagar (DAP) muy baja y debido a la necesidad de mejorar las condiciones institucionales. Sin embargo, se ha recomendado la creación de un fondo ambiental que pueda compensar a los proveedores ubicados en zonas de recarga y propiedades con fuentes de agua, con base en los costos estimados en este trabajo. Para la subcuenca Calico, se concluyó que puede ser viable el esquema PSAH, ya que la escala del sitio es mayor y la demanda por el agua indica la posibilidad de sostenimiento de un fondo.

Las propuestas de protección valoradas se validaron en dos talleres con los proveedores caracterizados en ambas subcuencas, en los cuales esencialmente hubo aceptación de los cambios, siempre y cuando se compense económicamente a quienes participen en el proyecto.

### **Investigación 3**

El autor Argueta, L., en el año 2005, en la ciudad de Guatemala, realizó un estudio titulado “Propuesta de valoración económica del servicio ambiental hídrico del bosque, microcuenca del río El Riachuelo, Montaña Las Granadillas, Zacapata. Guatemala”. La investigación corresponde a una tesis de Grado de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.

El servicio ambiental con mayor demanda en Guatemala es el de regulación hídrica, sobre todo en regiones semiáridas, como el caso de la microcuenca del río El Riachuelo; un área sin manejo, con graves problemas de uso irracional del recurso bosque, poco reconocimiento del servicio ambiental que presta por parte de los beneficiarios y autoridades zacapanecas, y la principal fuente de abastecimiento de agua para la Cabecera Departamental de Zacapa.

A través de la valoración económica del servicio ambiental de captación hídrica que presta el bosque de la microcuenca, se procedió a calcular el valor del servicio de regulación hídrica por unidad de agua, a partir de su costo de oportunidad (introducción de ganadería), el cual asciende a los US \$ 0.03 por m<sup>3</sup> y el valor económico de la tarifa municipal por servicio ambiental de abastecimiento de agua de US \$ 0.12 por m<sup>3</sup>.

Se concluyó con la definición de los valores para un financiamiento a largo plazo de programas para la recuperación y conservación de estas áreas y de esta forma garantizar la continuidad del abastecimiento de agua potable a la población zacapaneca mediante la implementación de un sistema de pago por servicios ambientales con la condicionante de que el beneficiario del servicio ambiental de agua pague y el que conserve gane.



## 2.2. Bases Teóricas

Se ha realizado una compilación de conceptos vinculados al objeto de estudio, cuyos argumentos son los siguientes:

### a.- Situación de la provisión del recurso hídrico

El 71% de la superficie del planeta está cubierta por agua y por lo tanto consideramos el agua como uno de nuestros más abundantes recursos naturales. Pero, si miramos más detenidamente el presupuesto hídrico mundial, sólo una pequeñísima fracción está disponible para el uso humano. El 97,4% es agua salada. Del restante 2,6%, la mayoría está congelada en los casquetes polares y glaciares y en acuíferos subterráneos. La porción remanente disponible equivale al 0,014%, que es ínfimo a la luz de las crecientes necesidades humanas. A manera de analogía, si presentamos todo el agua como un barril de 100 litros, el agua disponible equivale a una cucharadita (Miller, 1996).

La Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente, realizada en Dublin en 1992, antes de la “Cumbre de la Tierra”, planteó dos principios en relación al manejo del recurso hídrico, que cada día toman más fuerza:

- El agua tiene un valor económico en todos sus usos y debe reconocerse como un bien económico<sup>1</sup>,
- El desarrollo del recurso y su manejo debe realizarse con un enfoque participativo, incluyendo a los usuarios, planificadores y tomadores de decisión a todo nivel, tomándose las decisiones al nivel más local.

---

<sup>1</sup> Los bienes económicos o bienes escasos, por oposición a los bienes libres, son aquellos que se adquieren en el mercado pero pagando por ellos un precio. Es decir, son bienes materiales e inmateriales que poseen un valor económico y que, por ende, son susceptibles de ser valuados en términos monetarios.

Según Loyola (2007), la disponibilidad de agua de fuentes superficiales a nivel nacional, se estimaba en 2 046,287 millones de m<sup>3</sup> (MMC). En la Vertiente del Pacífico la disponibilidad de agua se estimaba en 37,363 MMC que representa menos del 2.0% del total. En la Vertiente del Atlántico la disponibilidad era de 1 998,752 MMC que corresponde al 98% del total. Mientras que en la Vertiente del Titicaca la disponibilidad era de 10,172 MMC, equivalente a 0,5% del total. El recurso hídrico resulta ser abundante en la vertiente Atlántica y exigua en las vertientes del Pacífico y del Lago Titicaca, tal como se muestra en la figura 1.

VERTIENTE	CUENCA HIDROGRÁFICA	SUPERFICIE (1000 Km <sup>2</sup> )	POBLACIÓN		RECURSOS DE AGUA	
			MILES	%	(MMC)	%
Pacífico	53	279,7	18 430	70	37 363	1,8
Atlántico	44	958,5	6 852	26	1 998 752	97,7
Lago Titicaca	9	47,0	1 047	4	10 172	0,5
TOTAL	106	1 285,2	26 392	100	2 046 287	100,0

Fuente: Ministerio de Agricultura, INRENA - Intendencia de Recursos Hídricos.  
Los Recursos Hídricos en el Perú, situación Actual y Perspectivas. Marzo 2005.

**Figura 1. Extensión, población y disponibilidad de agua por vertientes. Datos tomados de Loyola (2007).**

La gestión de los recursos hídricos en el Perú está normada por la Ley General de Aguas (DL 17752) promulgada el 24 de Julio de 1969, la cual dispone los tipos de uso extractivo o consuntivo y no extractivo o no consuntivo. En su Art. 27, define el siguiente orden de prelación en el uso consuntivo de las aguas: abastecimiento poblacional, pecuario, agrícola, energético, industrial y minero.

Loyola (2007), señala además que para los años 2000 -2001, el total del volumen de agua para el uso extractivo o consuntivo era de 20,072 millones de m<sup>3</sup> (MMC) de los cuales 16,058 MMC (80%) correspondían al uso agrícola, 2,458 MMC (12%) al uso de la población (agua potable), 1,155 MMC (6%) al uso industrial y 401 MMC (2%) al uso minero, el detalle se muestra en la figura 2.

VERTIENTE	USO CONSUNTIVO								
	POBLACIÓN		AGRÍCOLA		INDUSTRIAL		MINERO		TOTAL
Pacífico	2 086	12%	14 051	80%	1 103	6%	302	2%	17 542
Atlántico	345	14%	1 946	80%	49	2%	97	4%	2 437
Lago Titicaca	27	30%	61	66%	3	3%	2	3%	93
<b>TOTAL</b>	<b>2 458</b>	<b>12%</b>	<b>16 058</b>	<b>80%</b>	<b>1 155</b>	<b>6%</b>	<b>401</b>	<b>2%</b>	<b>20 072</b>

Fuente: Ministerio de Agricultura, INRENA - Intendencia de Recursos Hídricos.  
Los Recursos Hídricos en el Perú, situación Actual y Perspectivas. Marzo 2005.

**Figura 2. Disponibilidad de agua para uso consuntivo, ámbito nacional: 2000 - 2001 (MMC/año). Datos tomados de Loyola (2007).**

En el departamento de Amazonas, según el documento elaborado por la Autoridad Nacional del Agua “Compendio de los Recursos Hídricos Superficiales de Amazonas, 2012”, la oferta hídrica promedio anual era de 105 109,16 MMC, según estimaciones realizadas en el curso del río Maraón, que representa el 5.1% de la oferta hídrica nacional.

En relación a la disponibilidad del recurso hídrico, Maldonado y Kosmus (2003) señalan que ésta depende de la capacidad del ecosistema para interceptar, recolectar y almacenar agua, del apropiado manejo de las tierras agrícolas, ganaderas y de bosque, así como de los tipos e intensidad de consumo de agua.

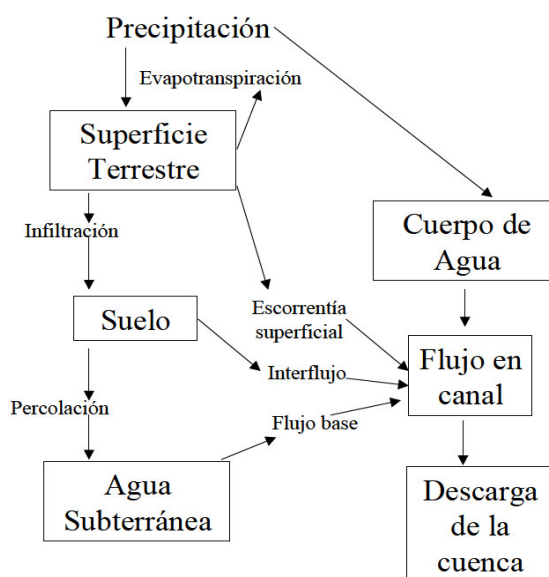
La disponibilidad de agua en los ecosistemas permite el desarrollo o presencia de otros bienes y servicios útiles para la sociedad. En el caso de disminución de tales ecosistemas por causas naturales o provocadas, repercute directamente en la regulación de los recursos hídricos y afecta el desarrollo de las diversas actividades humanas que sustentan; sistemas productivos agropecuarios, industriales, turísticos, electricidad y suministro de agua potable para la población. Además, repercute sobre todos los ecosistemas relacionados con los recursos hídricos. (Rudas 1995, citado por Barrantes, 2002).

## b.- Estudio de caudales en cuencas hidrográficas

El estudio de las cuencas hidrográficas a través de la hidrología superficial, permite conocer la variación de la esorrentía en función de la precipitación. Se sabe que la lluvia o precipitación es considerada como una variable hidrológica de entrada en un sistema denominado cuenca hidrográfica, se distribuye en la superficie terrestre de diferente manera. La intercepción, la detención superficial, la humedad del suelo, precipitación directa sobre la corriente de agua, agua subterránea, flujo sub-superficial y esorrentía superficial son fenómenos que consumen la lluvia totalmente.

El cálculo del caudal, entendido como volumen de agua por unidad de tiempo que pasa por una sección de un cauce, que produce una cuenca sin aforar su cauce principal puede ser obtenido mediante la estimación de la cantidad de agua que penetra la superficie (fenómeno de abstracción) o la cantidad de líquido que se llega a escurrir ante la presencia de un evento lluvioso (Chow et al., 1994).

La figura 3, muestra el proceso de escurrimiento típico de una cuenca.



**Figura 3. Proceso de escurrimiento de una cuenca. Tomado de Chow et al. (1994).**

### Método de abstracciones o Número de curva de escorrentía

Uno de los métodos para el cálculo de caudal en una cuenca sin aforar su cauce principal es el método de abstracciones de la Soil Conservation Service (SCS) de los Estados Unidos, conocido como número de curva de escorrentía (CN), el cual se desarrolló para calcular las abstracciones de las lluvias. Según este método, la precipitación efectiva o profundidad de escorrentía ( $P_e$ ) está en función de la precipitación total ( $P$ ) y de un parámetro de abstracción referido al número de curva o CN, cuyos valores fluctúan entre 1 y 100. El valor de CN está en función de propiedades productoras de escorrentía como: i) Tipo de suelo hidrológico, ii) Utilización y tratamiento del suelo y iii) Condiciones de la superficie del terreno y iv) Condiciones de humedad antecedentes del terreno.

Para el cálculo de la precipitación efectiva promedio, el método lo relaciona con la variable adimensional CN y con la precipitación, tal como se aprecia en la figura 4.

$P = \text{Precipitación (mm)}$ $P_e = \text{Precipitación Efectiva (mm)}$ $CN = \text{Variable adimensional Curva Número}$	$P_e = \frac{\left[ P - \frac{508}{CN} + 5.08 \right]^2}{P + \frac{2032}{CN} - 20.32}$
---	--

**Figura 4. Fórmula para el cálculo de la precipitación efectiva promedio mensual ( $P_e$ ). Tomado de Chow, et al. (1994).**

Para calcular el valor de CN, se tiene en cuenta el grupo hidrológico del suelo, cuyas características se describen a continuación:

Grupo A: (Bajo potencial de escurrimiento). Suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de arenas y gravas profundas, con bueno a excesivo drenaje. Estos suelos tienen altas velocidades de transmisión del agua.

Grupo B: Suelos con moderada velocidad de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos con cantidades

moderadas de texturas finas y gruesas, con drenaje medio y algo profundo. Son básicamente suelos arenosos.

Grupo C: Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos que tienen un estrato que impide el flujo del agua, son suelos con texturas finas. Estos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.

Grupo D: (Alto potencial de escurrimiento). Suelos que tienen muy bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con nivel freático alto y permanente, suelos con estratos arcillosos cerca de su superficie, o bien, suelos someros sobre horizontes impermeables. Estos suelos tienen muy bajas velocidades de transmisión del agua.

La figura 5 muestra los valores de curva número (CN), para condiciones antecedentes de humedad promedio.

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada	Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos : Condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas.	45	66	77	83
	Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, en condiciones óptimas, cubierta > 75%		39	61	74	80
Áreas abiertas, césped, parques, en condiciones aceptables entre el 50% y 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales (85% impermeable)		89	92	94	95
Áreas industriales (72% impermeable)		81	88	91	93
Residencial					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable				
505.8 m <sup>2</sup>	65%	77	85	90	92
1011.6 m <sup>2</sup>	38%	61	75	83	87
1348.9 m <sup>2</sup>	30%	57	72	81	86
2023.5 m <sup>2</sup>	25%	54	70	80	85
4046.9 m <sup>2</sup>	20%	51	68	79	84
Pavimento, techos, accesos etc		98	98	98	98
Calles y carreteras	Pavimento con cunetas y alcantarillado	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

**Figura 5. Grupo hidrológico del suelo según uso de la tierra. Tabla 5.5.2. Tomado de Chow, et al. (1994).**

Finamente, el cálculo del caudal promedio se obtiene con la siguiente fórmula: **Caudal =  $P_e \times \text{Área} \times (1000 / (\# \text{días} \times 24 \times 60 \times 60))$**

### **c.- El Cultivo de Arroz**

Según el Ministerio de Agricultura (2012), el arroz *Oryza Sativa*, es una planta gramínea que pertenece a la familia poaceae, es uno de los principales cultivos de importancia nacional, es el producto que más aporta al PBI agropecuario y agrícola, por cual genera la mayor cantidad de empleos en el sector agrario. A su vez genera alrededor de 44.7 millones de jornales los que equivalen a 161,300 empleos anuales permanentes, es por esto que tiene en el medio rural una fuerte influencia económica y social, estimándose que la inversión en mano de obra, representa casi el 30% de la producción bruta arrocería nacional.

Las regiones de San Martín, Lambayeque, Piura, Loreto, Amazonas y La Libertad representan los ámbitos con las mayores superficies cosechadas en el país acotándose que su promedio de las tres (03) últimas campañas agrícolas. (Ministerio de Agricultura, 2008).

El documento titulado “El arroz: Principales aspectos de la cadena productiva, 2012”, elaborado por el Ministerio de Agricultura, señala que la producción de arroz se caracteriza porque genera una gran dinámica de recursos, humanos, técnicos, financieros y otros, para obtener el producto final del mismo. El principal sistema de producción es el irrigado, bajo el cual se produce aproximadamente el 93% del cereal del país, sin embargo este sistema demanda un alto consumo de agua que va de 15,000 a 18,000 m<sup>3</sup> de agua por hectárea; y genera la degradación de los suelos, lo cual ocasiona salinización de las tierras en las zonas de la costa. Esta producción viene creciendo a una tasa promedio de 3.6% en los últimos once años, sustentado por la mayor área cosechada el año 2009 con 404.6 miles de hectáreas. Sin embargo se aprecia una reducción en los años 2010 y 2011, recuperándose a partir del 2012.

Los precios en chacra varían en cada una de las zonas productoras, y las variedades de arroz cosechadas en la costa tienen precios más

altos que las producidas en la selva, en razón de una mejor calidad del grano en términos de sus características organolépticas, además en el proceso de su maquila se logra un producto con mejor presentación, y se logra la mayor eficiencia en sus procesos. (Ministerio de Agricultura, 2012).

El agua desempeña un papel prominente en la producción de arroz. Mientras que muchos otros sistemas de cultivo utilizan el agua principalmente con fines productivos (transpiración), los sistemas de cultivo con base en arroz utilizan el agua en una amplia gama de maneras, algunas benéficas y otras no tanto. Los sistemas con base en arroz necesitan agua para tres propósitos principales: i) evapotranspiración; ii) infiltración y percolación; y iii) prácticas específicas de manejo de agua, como la preparación y el drenaje del terreno antes del macollamiento (FAO, 2004).

En el caso del cultivo de arroz la eficiencia en el uso del agua depende de las condiciones climáticas, del manejo del cultivo, de las características físicas del suelo, de las dimensiones y revestimiento de los canales, del ciclo evolutivo del cultivar y de la localización de las fuentes proveedoras. (Pagliettini, 2008).

### **Situación del cultivo de arroz en el ámbito del ACP Copallín**

En base a la revisión de información secundaria, y la conversación con agricultores se tiene que el cultivo de arroz, en el ámbito de investigación, responde al desarrollo de 6 etapas principales desde la preparación del terreno hasta la cosecha. Se tiene: (i) El brageo para pulverizar la tierra (ii) Emparejar el terreno (iii) Transplante que es la siembra de la semilla que dura 20 días de almacigo (iv) Luego de un mes viene el primer abono (v) el deshierbe a los tres meses y (vi) la cosecha.



El principal sistema de producción de arroz es el irrigado. Entre las variedades de arroz que hay en la zona de estudio se tiene: capirón, moro, línea, y radian.

En relación a la fecha de siembra, Seitz (2010) menciona que tanto en la comunidad Copallín (Copallín centro) como en el centro poblado de San Juan de la Libertad (Cajaruro), el cultivo del arroz se da en dos campañas anuales. La primera es denominada localmente como campaña grande que empieza en el mes de enero hasta el mes de junio. La segunda o campaña chica se inicia en el mes de julio hasta el mes de noviembre.

El pago por día de jornal actualmente asciende a 25 nuevos soles. Su valor promedio ha mejorado puesto que hace 5 años fue de 18 nuevos soles y hace 10 años era de 12 nuevos soles.

En relación a la rentabilidad, entendida como cantidad de arroz que se produce, se conoce que una hectárea de arroz llega a producir aproximadamente 90 fanegas que en pilado sería de 50 kilos y en cáscara equivale a 80 kilos. Esto quiere decir que cada hectárea rinde 4500 kg en pilado y 7200 kg en cáscara.

Las plagas que afectan el cultivo de arroz identificadas por los pobladores locales de Copallín, San Juan de la Libertad y su caserío Buenos Aires son: La raya blanca, que ataca a este cultivo apareciéndose en las hojas y secándolas; se tiene también el chinche, la mosquilla y el carbonero. Para el control de las plagas los agricultores manifiestan que utilizan el azodrin.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, en el documento titulado “Compendio Estadístico 2014”, en el departamento de Amazonas el precio promedio pagado al productor por el arroz cáscara expresado en S/ x tonelada, calculado para el año 2007, es de 817 S/ x tonelada y expresado en S/ x Kg sería de 0.817.

El Ministerio de Agricultura, en su estudio titulado "Costos de producción y perspectivas de la rentabilidad del cultivo de arroz: Campaña Agrícola 2008-2009", señala que el costo de producción de arroz cáscara en Bagua Grande para la variedad capiróna es de 5101.56 S/ x Ha, considerando que cada Ha tiene un rendimiento de 7200 Kg el costo de producción expresado en S/ x Kg sería de 0. 71.

#### **d.- Revisión del proceso de deforestación a nivel nacional**

En el Perú, la propuesta del Reglamento de la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, define deforestación como la "Eliminación de la cubierta forestal de un bosque natural o plantación". Mientras que en el Plan Nacional de Reforestación del Ministerio de Agricultura del año 2005, se define como el "Proceso de destrucción de los bosques".

Las estimaciones de la deforestación, en el contexto nacional se basan en el análisis de imágenes de satélite empleado métodos y técnicas que han ido evolucionando, desde la fotointerpretación de imágenes impresas hasta el análisis digital empleando software especializados.

Para el caso de la Amazonía, luego de la revisión de los principales estudios se tiene que:

En 1975, Malleux, J., elaboró el Mapa Forestal del Perú, donde se estimaba que habían sido deforestadas 4 500 000 Ha de la Selva y éstas estaban siendo utilizadas para fines de agricultura y ganadería; además, en su mayor parte, estaban recubiertas de vegetación secundaria.

En 1995, el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), publicó el Mapa Forestal del Perú, teniendo como base el Mapa Planimétrico del Perú (1988), elaborado con imágenes del satélite Landsat MSS, a escala 1/1 000 000. Se estimó 6 948 237 Ha como

superficie deforestada, ubicadas principalmente en las partes inferiores y medias de los bosques de montañas de los departamentos de Cajamarca, Amazonas, San Martín, Huánuco, Pasco y Junín, así como en las terrazas y colinas bajas de los departamentos de Loreto y Ucayali.

En 1996, el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), publicó el estudio Monitoreo de la Deforestación en la Amazonía Peruana, elaborado utilizando también imágenes de satélite a escala trabajada 1/250 000; y cuyo objetivo fue localizar y cuantificar la superficie deforestada en la región de la Selva para los años 1985 y 1990. Se determinó que hasta el año 1985 existían 5 642 447 Ha deforestadas y al año 1990 la superficie ascendía a 6 948 237 Ha.

En el año 2000, el Ministerio del Ambiente (MINAN), publicó el “Mapa de la deforestación de la Amazonía Peruana 2000”, estimaba que la deforestación departamental era de 1 001 467,16 Ha, lo que correspondía al 25% de la superficie departamental y el 37.6% de la superficie de bosque amazónico.

En el contexto regional, los estudios se han encauzado en cuantificar la intensidad de la deforestación, entre ellos tenemos la Zonificación Ecológica y Económica de Amazonas del año 2007, en cuyo estudio sobre uso actual de la tierra, elaborado por Juan Manuel Ramírez Barco, se menciona que al cierre de la campaña agrícola 2004-2005, la deforestación alcanzaba 1 123,881 Ha, equivalente al 28.34% de la superficie total estudiada.

Además, en el estudio forestal de la Zonificación Ecológica y Económica de Amazonas del mismo año, elaborado por Francisco Reátegui Reátegui y Percy Martínez Dávila, se estimó una superficie deforestada de 1 120,782 Ha al año 2003, lo que representaba el 28.25% del área de la región y el 32.82% de la superficie del bosque original.

### **e.- Conceptualización de Bienes y Servicios Ambientales**

Los Bienes Ambientales son los recursos tangibles que son utilizados por el ser humano como insumos en la producción o en el consumo final, y que se gastan y transforman en el proceso. Los Bienes Ambientales son las materias primas que utiliza el hombre en sus actividades económicas, se identifica a partir de su aprovechamiento como la madera, plantas, agua, etc. (Barzev, 2002).

Existen numerosas definiciones de Servicios Ambientales, de la revisión de la legislación nacional podemos señalar que según la Ley General del Ambiente - Ley N° 28661, Artículo 94°, se entiende por servicios ambientales a las funciones que permiten mantener las condiciones de los ecosistemas y del ambiente, tales como la protección del recurso hídrico, la protección de la biodiversidad, la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, la belleza escénica, entre otros.

Los servicios ambientales son aquellos que brindan fundamentalmente, pero no exclusivamente las áreas silvestres (sean bosques, pantanos y humedales, arrecifes, manglares, llanuras y sabanas), las áreas que en su conjunto forman ecosistemas, ecorregiones, y las cuencas hidrográficas. Estos servicios son entre otros, la captura de carbono, conservación de la biodiversidad, belleza escénica, mantenimiento de las áreas como bosque, humedales, arrecifes, manglares y los servicios hidrológicos. (Espinoza et al., 1999).

Boyd y Banzhaf (2006), por ejemplo, los definen como los componentes de la naturaleza directamente usados, consumidos o disfrutados para provocar bienestar humano. Esta definición olvida, sin embargo, servicios provistos por la naturaleza que proveen bienestar a las personas de manera indirecta; por ejemplo, el secuestro de carbono realizado por los bosques, y que proveen bienestar a través de la calidad de aire o la composición de la

atmosfera que los seres humanos tienen a su disposición y utilizan directamente.

Miller (1996), señala que los servicios ambientales locales son aquellos que son obtenidos directamente por los usuarios; estos pueden ser los beneficios que reciben los asentamientos de poblaciones humanas por concepto del uso del recurso hídrico para el riego de los sembradíos, la provisión de agua para consumo humano y la experiencia recreativa - cultural del individuo, entre otros.

Con relación a los servicios a nivel nacional menciona que son aquellos capturados más allá de la periferia del uso local, estos pueden ser la protección del hábitat para la vida salvaje y la conservación de la Biodiversidad del ecosistema local, la provisión para el proceso hidrológico, reservorios y proveedores de agua, entre otros.

En cuanto a los servicios o beneficios globales, menciona que son todos aquellos beneficios que inciden más allá del ámbito fronterizo, es decir su incidencia es global ya sea para el balance de la energía, regulación de la composición química de los océanos, el clima y la perpetuidad en la recarga del ciclo hidrológico, asentamiento para la migración y hábitat de especies y para la conservación de la biodiversidad.

El marco conceptual referente a los servicios ambientales ha sido sometido a investigación y discusión en los últimos años surgiendo la denominación de servicios ecosistémicos, considerando al ecosistema natural como un ente productor de bienes y servicios.

Barzev (2002), plantea que “los servicios ambientales son funciones ecosistémicas y los bienes ambientales son las materias primas que utiliza el hombre en sus actividades económicas”.

Constanza et al. (1997), hace una diferencia entre funciones ecosistémicas y servicios ecosistémicos. Las primeras definidas

como las propiedades de los hábitats y los sistemas biológicos o los procesos de los ecosistemas; y los servicios representan los beneficios humanos obtenidos directa o indirectamente de las funciones ecosistémicas. Para el desarrollo de la investigación se considera la clasificación de Constanza et al. (1997), tal como se aprecia en la figura 6.

Nº	FUNCIONES ecosistémicas	SERVICIOS AMBIENTALES	EJEMPLOS
1	Regulación de la composición atmosférica	Regulación de gases	Balance CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> , SO <sub>x</sub>
2	Regulación de la temperatura global; precipitación y otros procesos climáticos locales globales	Regulación de clima	Regulación de gases con efecto invernadero
3	Capacidad del ecosistema de dar respuesta y adaptarse a fluctuaciones ambientales	Regulación de perturbaciones	Protección de tormentas, inundaciones, sequías, respuesta del hábitat a cambios ambientales, etc.
4	Regulación de los flujos	Regulación hídrica	Provisión de agua (consumo hidrológicos básico, riego, agroindustria, transporte acuático)
5	Almacenamiento y retención de agua	Oferta de agua	Provisión de agua mediante cuencas reservorios y acuíferos
6	Retención del suelo dentro del ecosistema	Retención de sedimentos y control de erosión	Prevención de la pérdida de suelo por viento y otros factores, almacenamiento de agua en lagos y humedales
7	Proceso de formación de suelos	Formación de suelos	Descomposición de rocas y acumulación de materia orgánica
8	Almacenamiento, reciclado interno, procesamiento y adquisición de nutrientes	Reciclado de nutrientes	Fijación de nitrógeno, fósforo, potasio, etc.
9	Recuperación de nutrientes móviles, remoción y descomposición de excesos de nutrientes y compuestos	Tratamiento de residuos	Tratamiento de residuos, control de contaminación y desintoxicación
10	Movimiento de gametos florales	Polinización	Provisión de polinizadores para reproducción de poblaciones de plantas
11	Regulación trófica dinámica de poblaciones	Control biológico	Efecto depredador para el control de especies, reducción de herbívoros por otros predadores
12	Hábitat para poblaciones residentes y migratorias	Refugio de especies	Semilleros, hábitat de especies migratorias y locales
13	Producción primaria bruta de extracción de alimentos	Producción de alimentos	Recolección y producción de cultivos y peces
14	Producción primaria bruta de extracción de materias primas	Materia prima	Producción de madera, leña y forrajes
15	Fuentes de material biológico y productos únicos	Recursos genéticos	Medicina y productos para el avance científico, genes de resistencia a patógenos y pestes de cultivos, etc.
16	Proveer oportunidades para actividades recreacionales	Recreación	Ecoturismo, pesca deportiva
17	Proveer oportunidades para usos no comerciales	Cultural	Estética, artística, educacional, espiritual, valores científicos del ecosistema

**Figura 6. Relación funciones ecosistémicas y servicios ambientales planteados por Constanza et al. (1997). Adaptado por el autor.**

El concepto de servicios ecosistémicos toma relevancia a partir de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EMM), convocada por el Secretario General de las Naciones Unidas Kofi Annan en el año 2000 e iniciada en 2001, que constituye la más reciente y aceptada evaluación del estado de los ecosistemas planetarios, tuvo como

objetivo evaluar las consecuencias de los cambios en los ecosistemas para el bienestar humano y las bases científicas para las acciones necesarias para mejorar la conservación y el uso sostenible de los mismos, así como su contribución al bienestar humano.

La EMM ha involucrado el trabajo de más de 1,360 expertos de todo el mundo. Sus conclusiones, contenidas en cinco volúmenes técnicos y seis informes de síntesis, proporcionan una valoración científica de punta sobre la condición y las tendencias en los ecosistemas del mundo y los servicios que proveen (tales como agua, alimentos, productos forestales, control de inundaciones y servicios de los ecosistemas) y las opciones para restaurar, conservar o mejorar el uso sostenible de los ecosistemas.

Se tienen cuatro (4) tipos de servicios ecosistémicos, tal como se muestra en la figura 7.

*Servicios de regulación:* son los beneficios que se derivan de la regulación de los procesos ecosistémicos. Aquí se incluyen la calidad del aire, regulación climática e hídrica (inundaciones), control de erosión, mitigación de riesgos, regulación de la frecuencia y magnitud de enfermedades, control biológico, tratamiento de desechos (por la filtración y descomposición de desechos orgánicos), polinización.

*Servicios de soporte:* son los procesos ecosistémicos, y estructuras, que son necesarias para que sea posible la generación de los otros servicios ecosistémicos (regulación, aprovisionamiento y culturales). La diferencia con los otros servicios ambientales está en que los efectos en las personas son indirectos o su ocurrencia es en períodos de tiempo muy amplios contrario de los otros cuyos beneficios e impactos en la gente son directos y se perciben en el corto plazo. Entre los SE de soporte se encuentran la producción primaria, la formación del suelo, la producción de oxígeno, retención de suelos, y ciclaje de nutrientes y del agua.

*Servicios de aprovisionamiento o provisión:* son los productos obtenidos de los ecosistemas como alimentos, agua limpia, combustibles, madera, fibra, recursos genéticos, medicinas naturales y otros.

*Servicios culturales:* son beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas por medio del enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, reflexión, recreación. Estos están fuertemente ligados con los valores humanos y el comportamiento, por lo que las percepciones de estos servicios difieren entre individuos y comunidades.



**Figura 7. Clasificación de los servicios ecosistémicos. Tomado de Ecosistemas del Milenio (2005).**

Los servicios ecosistémicos son definidos como los beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas. Entre ellos se cuenta la regulación hídrica en cuencas, el mantenimiento de



la biodiversidad, el secuestro de carbono, la belleza paisajística, la formación de suelos y la provisión de recursos genéticos, entre otros (Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos).

Los servicios hídricos son más numerosos y complejos de lo que usualmente se aprecia, y proveen numerosos tipos de beneficios a la gente, incluyendo a la gente pobre rural, tales como provisión de agua para consumo (agua para beber, agricultura, usos domésticos e industriales), usos no consuntivos (generación de electricidad, agua fresca y navegación), control de la erosión y sedimentación, que pueden beneficiar la productividad de sistemas acuáticos; así como el almacenamiento de agua en suelos, humedales y planicies inundables (McNeely, 2007).

El servicio ambiental de provisión agua se refiere a la capacidad que tienen los ecosistemas para captar agua y mantener la oferta hídrica a la sociedad. (Constanza, et al., 1998).

La provisión o suministro de agua constituye un tipo de servicio ambiental hídrico propio de un ecosistema en particular, llámese cuencas hidrográficas, bosques, humedales, glaciales u otro ecosistema. Tienen mayor relevancia cuando los ecosistemas se localizan en las cabeceras de cuenca, ya que se combinan sus capacidades de captación, mejora la calidad del agua, suministro de agua de calidad y cantidad. (Constanza, et al., 1998).

Por su parte, la cuenca en si suministra entre otros servicios la regulación de los flujos hidrológicos, a fin de suministrar provisión de agua que se emplea para el riego, la agroindustria, el transporte acuático, la recreación, y como ofertante de agua, a consecuencia del almacenamiento y retención del recurso hídrico, mediante micro cuencas, reservorios y acuíferos. (Constanza, et al., 1998).

## **f.- Enfoque de Valoración Económica del recurso hídrico**

El enfoque de valoración económica, se basa en la identificación de bienes y/o servicios de los ecosistemas, recoger y /o generar datos de valores económicos sobre los beneficios de los mismos y su contribución en términos monetarios a un sector económico determinado.

En el contexto nacional, la Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos señala que la valoración económica es una herramienta que se utiliza para cuantificar, en términos monetarios, el valor<sup>2</sup> de los bienes y servicios ecosistémicos, independientemente de si estos cuentan o no con un precio<sup>3</sup> o mercado.

Según Azqueta (1994), valorar económicamente los recursos naturales significa poder contar con un indicador de su importancia en el bienestar de la sociedad que permita compararlos con otras posibles alternativas, utilizando para ello un denominador común, el dinero.

Para Tietenberg (1998), la valoración económica puede definirse como la identificación y cuantificación física y monetaria de los beneficios y costos derivados de cambios en los servicios ambientales producidos por los recursos naturales (estos cambios son generados por decisiones o acciones sobre el medio físico natural). Es así que la valoración económica, surge porque los mercados no incorporan y no le dan un precio a los servicios ambientales, ni a los cambios producidos en ellos.

---

<sup>2</sup> El valor económico es un valor antropocéntrico, relativo e instrumental, establecido en unidades monetarias que se basa en las preferencias individuales de las personas. (Guía Nacional de Valoración Económica del Patrimonio Natural, 2015).

<sup>3</sup> Es la cantidad de dinero que un comprador da a un vendedor a cambio de un bien o un servicio. El precio se determina en el mercado en el proceso de interacción entre la oferta y la demanda. . (Guía Nacional de Valoración Económica del Patrimonio Natural, 2015).

El mismo autor señala que la valoración económica de los recursos naturales es importante en la búsqueda del desarrollo sustentable. En términos económicos, el usuario de los recursos naturales tenderá a no tratarlos como bienes gratuitos debido a que su objetivo será el mantenimiento del flujo de beneficios provenientes de los bienes y servicios proveídos por ellos. Es decir, el usuario racional de estos recursos tenderá a prevenir la depreciación innecesaria del patrimonio e internalizarlo en la contabilidad empresarial y nacional

La valoración económica del medio ambiente arroja información sobre el valor monetario que los miembros de un determinado colectivo le otorgan a las distintas alternativas medioambientales con las que se les confronta, definiéndose esta, como un conjunto de técnicas y métodos que permiten medir las expectativas de beneficios y costos derivados de algunas acciones tales como: uso de un activo ambiental, realización de una mejora ambiental, generación de un daño ambiental, entre otros. (Machín y Casas 2006).

La valoración económica del servicio ambiental hídrico es el punto de partida del establecimiento de mecanismos para la internalización de los costos ambientales del uso del recurso. Lograr esto es un proceso que requiere establecer reglas claras para el manejo de los recursos y lograr el ajuste correcto de las tarifas y cánones por el aprovechamiento de agua, con el fin de fomentar el uso racional y las posibilidades de conservación de este recurso (Barrantes, 2004).

Pearce et al. (1989), proponen que para la valoración del servicio ambiental hídrico, es necesario disponer de valores de mercado y de no-mercado, con la finalidad de generar un resultado que muestre la interrelación entre la economía y la ecología. Igualmente exponen que en algunos casos, es necesario recurrir a mercados hipotéticos, debido a que este tipo de servicios no tiene un mercado definido.

En la Guía Nacional de Valoración Económica del Patrimonio Natural (2015), en el país, los estudios de valoración económica se han realizado generalmente para los siguientes propósitos:

- ✓ Demostrar la importancia de los servicios de los ecosistemas.
- ✓ Estimar el valor referencial de los servicios para fijar montos de retribución.
- ✓ Proyectar los beneficios de proyectos de inversión relacionados con la provisión de servicios ecosistémicos.
- ✓ Calcular el valor económico de los impactos ambientales producidos por las actividades económicas (proyectos).
- ✓ Cambiar el comportamiento de los agentes económicos.

Para ayudar a valorar adecuadamente la aportación de la naturaleza a los sistemas económicos, la economía ambiental establece el concepto de **Valor Económico Total (VET)**, este comprende el Valor de Uso (VU), el Valor de No Uso (VNU) del bien o recurso y busca incluir valores monetarios y no monetarios (Echevarría, 2002). Es así que tenemos que el Valor Económico de los Servicios Ambientales puede ser de Uso y de No Uso. Donde:

$$VET = VUD + VUI + VO + VE$$

*VET: Valor Económico Total*

*VUD: Valor de Uso Directo*

*VUI: Valor de Uso Indirecto*

*VO: Valor de Opción*

*VE: Valor de Existencia*

El concepto de valor económico total (VET), es más amplio que la evaluación de costos/beneficios tradicionalmente utilizada; está conformado por diversos tipos de valores, entre los principales tenemos la agregación de los valores de uso (tangibles) además de los valores de no-uso (no tangibles).

Los valores de uso están ligados al uso directo, indirecto y de valor de opción de un recurso con el objeto de satisfacer una necesidad, obtener un beneficio económico, o la simple sensación de deleite. En los valores de no-uso, el componente fundamental es el denominado valor de existencia que causa bienestar, a pesar de no utilizarlos de manera directa, indirecta o en un futuro (Burneo, 2003).

### **Métodos de valoración económica**

Según Field y Field (2005), Azqueta (2002), y Field (1995) los métodos de valoración se dividen en tres grandes grupos. En el primero están los métodos basados en los precios de mercado donde los recursos naturales tienen un precio en los mercados locales o internacionales, caso del agua embotellada o la madera en pie. Dentro de estos métodos se contemplan los cambios en la productividad y las pérdidas de ingresos (o de la ganancia).

En el segundo están los métodos basados en precios indirectos, en los que la estimación del costo de un bien o servicio se realiza a través de sustitutos imperfectos, como por ejemplo, la determinación del valor de un lago con base en la estimación del valor de un balneario, que puede brindar un bienestar similar a las personas que deseen recrearse en él. Estos métodos contemplan costos de reemplazo, gastos preventivos, costos de restauración, costo de oportunidad y bienes sustitutos.

Por último están los métodos basados en mercados hipotéticos, que se basan en construir un mercado en el que se introduce a los usuarios de ese bien o servicio, con el fin de medir el bienestar que aporta. Se fundamentan en la aplicación de encuestas, mediante las que se determina la disposición a pagar o a ser compensado por el desarrollo de un proyecto o por un bien o servicio específico o las modificaciones a este. Aquí se contemplan los costos de viaje, precios hedónicos y valoración contingente.

### *Métodos basados en precios de mercado*

- ✓ Cambios en la productividad: se evalúan los cambios en la producción y en los insumos, asignándoles un precio de mercado.
- ✓ Pérdida de ingresos (o de ganancia): estimación por medio del cálculo de los ingresos que se dejan de percibir a causa de cambios en los medios de producción, ocasionados por los servicios ambientales o la falta de estos.

### *Métodos basados en precios indirectos*

- ✓ Costo de reemplazo: mide los beneficios mediante la estimación de los costos de reproducir el beneficio original.
- ✓ Gastos o costos de prevención o mitigación: técnica que estima el valor mínimo que las personas están dispuestas a pagar para conservar la calidad ambiental.
- ✓ Costos de restauración: con este método se calculan los costos de la restauración de las estructuras o activos físicos que se ven dañados por la potencial degradación ambiental.
- ✓ Costo de oportunidad: utiliza los costos de producción como una aproximación rudimentaria del valor de los servicios ambientales.
- ✓ Bienes sustitutos: asignación del valor a través del valor de la mejor alternativa o bien sustituto.

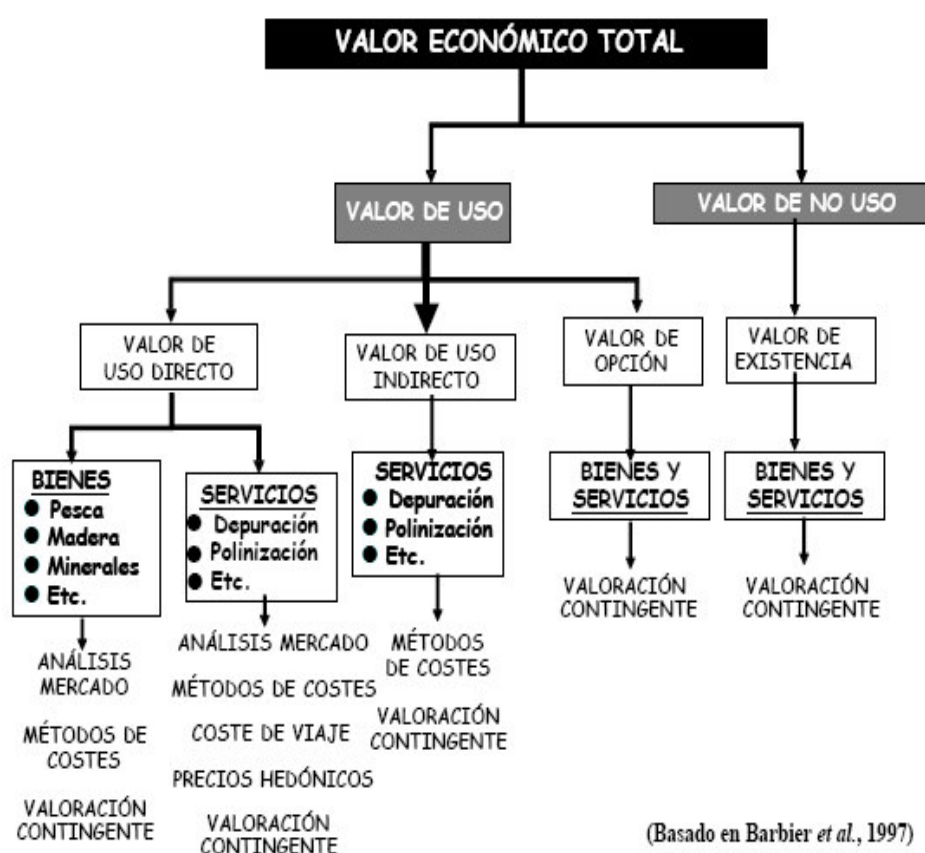
### *Métodos que crean mercados hipotéticos*

- ✓ Costo de viaje: se usa en la valoración de bienes que requieren movilización para su consumo. En este caso el mercado indirecto existente es el del transporte (espacios naturales, espacios recreativos, parques, zonas de interés paisajístico, reservas, etc.) y se basa en el supuesto de que los consumidores valoran un servicio ambiental en no menos que

el costo de acceso al recurso, incluyendo todos los costos directos del transporte y el costo de oportunidad del tiempo gastado en viajar al sitio.

- ✓ Precios hedónicos: consiste en aislar la influencia específica de un servicio ambiental sobre el precio de mercado de un bien o servicio. Se basa principalmente en el hecho de que algunos bienes o factores de producción no son homogéneos y pueden diferenciarse debido a sus numerosas características.
- ✓ Valoración contingente: se simula, por medio de encuestas y escenarios hipotéticos, un mercado para un bien o conjunto de bienes para los que no existe mercado.

La figura 8, muestra algunos de los métodos de valoración destacados, según el valor económico identificado tanto para bienes como servicios ambientales.



**Figura 8. Valor económico total y Métodos de valoración. Tomado de Barbier et al, (1997).**

### **g.- Valor del agua como insumo de la producción**

Pagliettini (2008), señala que el término “valor de un bien o recurso” implica dos conceptos fundamentales, “escasez” y “beneficio”. El valor económico es una de las múltiples maneras de medir el beneficio. En economía el término “valor” implica una valorización monetaria de los cambios que ocurren en el bienestar económico cuantificando los bienes y servicios provistos por el recurso, en este caso el agua, tengan o no precios del mercado.

El agua es considerada un recurso natural y como tal constituye un bien social y económico cuyo valor está basado en la interacción entre la estructura y la dinámica de funcionamiento del recurso y los bienes y servicios que provee a escala temporal y espacial. Además, es un recurso escaso por el que compiten los sectores agrícolas, industriales, el consumo doméstico y el medio ambiente. La demanda de agua en el sector agrícola se ha transformado en un factor clave para el crecimiento de la producción y la autosuficiencia alimentaria en la mayoría de los países. En muchos casos han orientado su asignación con un criterio que prioriza aquellos cultivos de mayor productividad. Sin embargo, dada la multifuncionalidad del agua es importante determinar los costos y beneficios directos e indirectos que ésta genera en diferentes niveles del sistema económico y analizar cómo se afecta el bienestar de la sociedad (Pagliettini, 2008).

Hussain clasifica las dimensiones del valor del agua en cuatro categorías básicas: La dimensión de uso, donde el valor depende del patrón de uso del agua. En general el valor del agua será mayor cuando se destine a cultivos o actividades con alta productividad o con mayores precios de mercado. La dimensión tiempo, donde el valor del agua estará influenciado por el período de tiempo en que se evalúen los costos y beneficios derivados de su uso. La dimensión espacial, donde el valor del agua es diferente si se lo evalúa a escala



individual “de explotación agropecuaria, de sistema de cuenca hídrica o a nivel regional o nacional. La dimensión de impacto, donde el valor del agua depende de la magnitud y naturaleza de los impactos directos e indirectos (costos y beneficios) de las actividades socioeconómicas vinculadas a la agricultura y a los sectores agrícolas relacionados. (Hussain et.al, 2007, citado en Pagliettini, 2008).

Para algunas actividades económicas, el agua es un insumo importante en los procesos de producción. La valoración económica del agua como insumo de la producción implica la utilización de diferentes técnicas, debido a la variada utilización que se hace de este recurso. Ante esa diversidad de usos para el agua, la valoración económica puede hacerse bajo el enfoque de ahorros en costos (producción hidroeléctrica), cambio en productividad (sistemas de riego agrícola) y excedente del consumidor (sector doméstico e industrial). Esa mezcla de enfoques de valoración proporciona un valor económico diferenciado para el agua, cuando ésta es usada como insumo de la producción. (Barrantes, 2006).

En relación con la aplicación del enfoque de cambio en productividad, su aplicación está asociada a que hay un reconocimiento de que el riego incrementa la productividad agrícola y este cambio en la producción puede ser usado para calcular el valor del agua. Este cambio en la producción multiplicado por el precio del producto agrícola (mercado) aproxima el valor del agua usada en agricultura. En ese sentido, aunque la productividad agrícola está en función de una serie de condiciones climáticas y agroecológicas; el agua es necesaria para que se realice el balance hídrico dentro de la planta y, el intercambio de nutrientes como parte del proceso de fotosíntesis (Nuñez, 1981; Lovenstein et al., 1993, citado por Barrantes, 2006).

La agricultura usa el agua en el riego de los cultivos, y es de las actividades que mayor consumo tiene del recurso. En condiciones normales, más del 80% del agua disponible se dedica a la agricultura (Middleton 1995, citado por Barrantes, 2006). El riego incrementa la productividad agrícola y este cambio en la producción puede ser usado para calcular el valor del agua. Este cambio en la producción multiplicado por el precio del producto agrícola (mercado) aproxima el valor del agua usada en agricultura.

Según Barrantes (2006), al existir información sobre el efecto del riego en la productividad de los cultivos que lo utilizan, se puede estimar el valor del cambio en la productividad por el uso del agua. Por ejemplo, si el cultivo  $k$  experimenta un cambio en la producción cuando está bajo riego, entonces el valor del agua sería:

$$P_k^{ag} = (p_k - c_k) * q_k \text{ Además, } q_k = (Q_{riego}^k - Q_{secano}^k)/V_i$$

Donde:

$P_k^{ag}$	Costo del agua en agricultura para el cultivo $k$ ( $\$/m^3$ ).
$p_k$	Precio del producto $k$ ( $\$/Kg$ ).
$c_k$	Costo de producción bajo riego ( $\$/kg$ ).
$q_k$	Cambio en producción del cultivo $k$ bajo riego ( $Kg/m^3$ ).
$Q_{riego}^k$	Cantidad de producción del cultivo $k$ bajo riego ( $Kg/Ha.$ ).
$Q_{secano}^k$	Cantidad de producción del cultivo $k$ sin riego ( $Kg/Ha.$ ).
$V_i$	Volumen de agua usado en riego del cultivo $i$ ( $m^3/Ha.$ ).

### 2.3. Marco Conceptual

**Áreas de Conservación Privada:** Según el Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas - Ley N° 26834, Artículo 70, las Áreas de Conservación Privada, son aquellos predios de propiedad privada que por sus características ambientales, biológicas, paisajísticas u otras análogas, contribuyen a complementar la cobertura del SINANPE, aportando a la conservación de la diversidad biológica e

incrementando la oferta para investigación científica y la educación, así como de oportunidades para el desarrollo de turismo especializado. Las Áreas de Conservación Privada pueden zonificarse en base a lo establecido por la Ley.

**Bosque:** Los Bosques son los depositarios naturales de la biodiversidad. Son ecosistemas clave para adaptarnos al cambio climático, así como para contribuir a la mitigación de este fenómeno global. Fundamentales para la provisión del agua en cantidad, calidad y frecuencia.

**Conservación:** La conservación es toda acción humana que, mediante la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos existentes en el hábitat humano y propicie con ello el desarrollo integral del hombre y de la sociedad.

La conservación se divide en dos grandes ramas: una de ellas es la preservación, la cual atiende las necesidades de los recursos físicos y la otra es el mantenimiento, que se encarga de cuidar el servicio que proporcionan estos recursos. Mientras la preservación se enfoca al cuidado del recurso, el mantenimiento se enfoca al cuidado del servicio que proporciona dicho recurso.

**Cuenca:** Es el área que es drenada por un río incluyendo los recursos naturales que la conforman, los hombres que la habitan, el espacio geográfico donde se desarrollan los intercambios físicos, biológicos y socio-económicos.

**Demanda de agua:** Necesidad de agua para uno o varios usos. Puede definirse como la cantidad de agua necesaria (caudales y volúmenes), tanto para el mantenimiento del medio natural como para el desarrollo de las actividades socioeconómicas en un espacio y tiempo determinado. En el sentido económico sería la cantidad de

agua que un agente económico estaría dispuesto a adquirir en un mercado a un determinado precio.

**Economía ambiental:** La economía ambiental trata el estudio de los problemas ambientales con la perspectiva e ideas analíticas de la economía, estudiando el cómo y por qué “las personas” toman decisiones sobre el uso de recursos valiosos. Se concentra en la microeconomía –comportamiento de individuos o pequeños grupos que tienen consecuencias ambientales, además, de estudiar las maneras como se pueden cambiar políticas e instituciones económicas con el propósito de equilibrar aún más esos impactos ambientales con los deseos humanos y necesidades del ecosistema (Samuelson et al., 1996).

**Ecosistema:** Un ecosistema es definido como un sistema natural de organismos vivos que interactúan entre sí y con su entorno físico como una unidad ecológica. Los ecosistemas son la fuente de los servicios ecosistémicos. También se considera ecosistema generador de dichos servicios aquel que ha sido recuperado o establecido por intervención humana (Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos).

Según Rüginitz (2011), es el conjunto de comunidades asociadas a un ambiente físico donde hay intercambio de energía entre el medio y sus habitantes. Sin embargo, los límites para denominar un ecosistema son arbitrarios, y dependen del enfoque del interés o estudio. Por lo tanto, un ecosistema puede variar desde una charca de agua, un pantano, una pequeña área forestal ubicada dentro de una microcuenca, hasta grandes áreas del planeta, como el bosque amazónico.

**Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM):** Evaluación científica internacional, convocada por el Secretario General de las Naciones Unidas Kofi Annan en el año 2000. Iniciada en 2001 y

llevada a cabo durante cuatro años por un grupo de cerca de 1.400 de los más connotados especialistas del mundo, con el objetivo de evaluar las consecuencias de los cambios en los ecosistemas para el bienestar humano y de los servicios que ellos brindan (como agua limpia, alimentos, productos forestales, control de las inundaciones y recursos naturales). Se analizaron las bases científicas para las acciones necesarias orientadas a la conservación y el uso sostenible de los de los ecosistemas y sus contribuciones al bienestar humano.

**Mercado:** Conjunto de transacciones entre oferentes y demandantes de un bien o servicio dotados de medios de cambio.

**Microcuencas:** Se define como una pequeña unidad geográfica donde vive una cantidad de familias que utiliza y maneja los recursos disponibles, principalmente suelo, agua y vegetación. Cabe destacar que en la microcuenca ocurren interacciones indivisibles entre los aspectos económicos (relacionados a los bienes y servicios producidos en su área), sociales (asociados a los patrones de comportamiento de las poblaciones usuarias directas e indirectas de los recursos de la cuenca) y ambientales (vinculados al comportamiento o reacción de los recursos naturales frente a los dos aspectos anteriores).

**Oferta hídrica:** Es el volumen de agua que ofrece una fuente hídrica en millones de metros cúbicos. La oferta hídrica natural está directamente asociada a la disponibilidad de agua que el ciclo hidrológico provee en un período y lugar dados. Su estimación y variabilidad puede obtenerse por medio de múltiples observaciones in situ o por medio de modelos hidrológicos calibrados. También puede definirse como el estudio del recurso hídrico para satisfacer la demanda de la población y de los ecosistemas.

**Recursos Hídricos:** Aquellos recursos disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un

periodo de tiempo apropiados para satisfacer una demanda de agua determinada.

**Usos del agua:** Término que indica las diferentes clases de utilización del agua según su destino (usos domésticos, industriales, agrícolas, recreativos, entre otros).

**Utilización de agua:** Es un concepto teórico que define el agua como un medio para alcanzar unos objetivos de producción o consumo establecidos por un agente económico.

**Valor:** Utilidad de un bien o servicio, que suele medirse teniendo en cuenta lo que estamos dispuestos a pagar por él, menos los costos de suministro.

## **2.4. Caracterización del ámbito de investigación**

### **2.4.1. Características biofísicas**

De la revisión y análisis de los estudios realizados en el ámbito de investigación y la visita de reconocimiento para la validación de la información temática generada, se han identificado como las características biofísicas más resaltantes, las siguientes:

#### **- Localización y Accesibilidad**

El área de estudio se localiza en la Región Amazonas, provincias de Bagua y Utcubamba, distrito de Copallín, La Peca y Cajaruro. Abarca una superficie de 79 173 hectáreas.

La unidad elemental de análisis para el área de estudio es la microcuenca, es así que involucra 5 microcuencas y 5 intercuencas, cuya delimitación e identificación se realizó en base a imágenes de

satélite y cartografía oficial, tomando en cuenta las quebradas que se originan en el Área de Conservación Privada Copallín (ACP Copallín) y las divisorias de aguas que limitan las microcuencas que éstas forman.

Limita por el norte con el Santuario Nacional Cordillera de Colán, hacia el Sur con los distritos de Bagua Grande y Jamalca, por el este con la Comunidad Campesina de Yambrasbamba; y hacia el oeste con el distrito de La Peca. Los centros poblados más representativos son: Copallín, Cajaruro, San Juan de la Libertad, Naranjos Altos, José Olaya, El Ron y Puerto Naranjitos. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), se estimó una población de 29 661 habitantes, para el año 2007 (90.3% de la población total).

El acceso es por vía aérea o terrestre hasta la ciudad de Chiclayo, desde esta ciudad el desplazamiento es por la vía terrestre mediante la carretera marginal de la selva hasta Pedro Ruíz y luego hasta Bagua Grande.

La figura 9, corresponde al Mapa del área de estudio, trabajado a escala 1: 150 000, donde se aprecia el Área de Conservación Privada Copallín ubicado en la cuenca alta, el mismo que ocupa territorio de la comunidad campesina de Copallín, colindante al Santuario Nacional Cordillera de Colán y la comunidad campesina de Yambrasbamba. Se pueden observar las microcuencas e intercuencas de análisis, la red hidrográfica cuyo eje principal es el río Utcubamba y las principales áreas urbanas.

#### - **Relieve**

El relieve es variado, en la cuenca alta corresponde según la clasificación de Pulgar Vidal a la región natural Yunga, en la cuenca media a Selva Alta y en la cuenca baja a la Selva Baja con valores altitudinales que van desde los 443 m.s.n.m y los 3622 m.s.n.m.

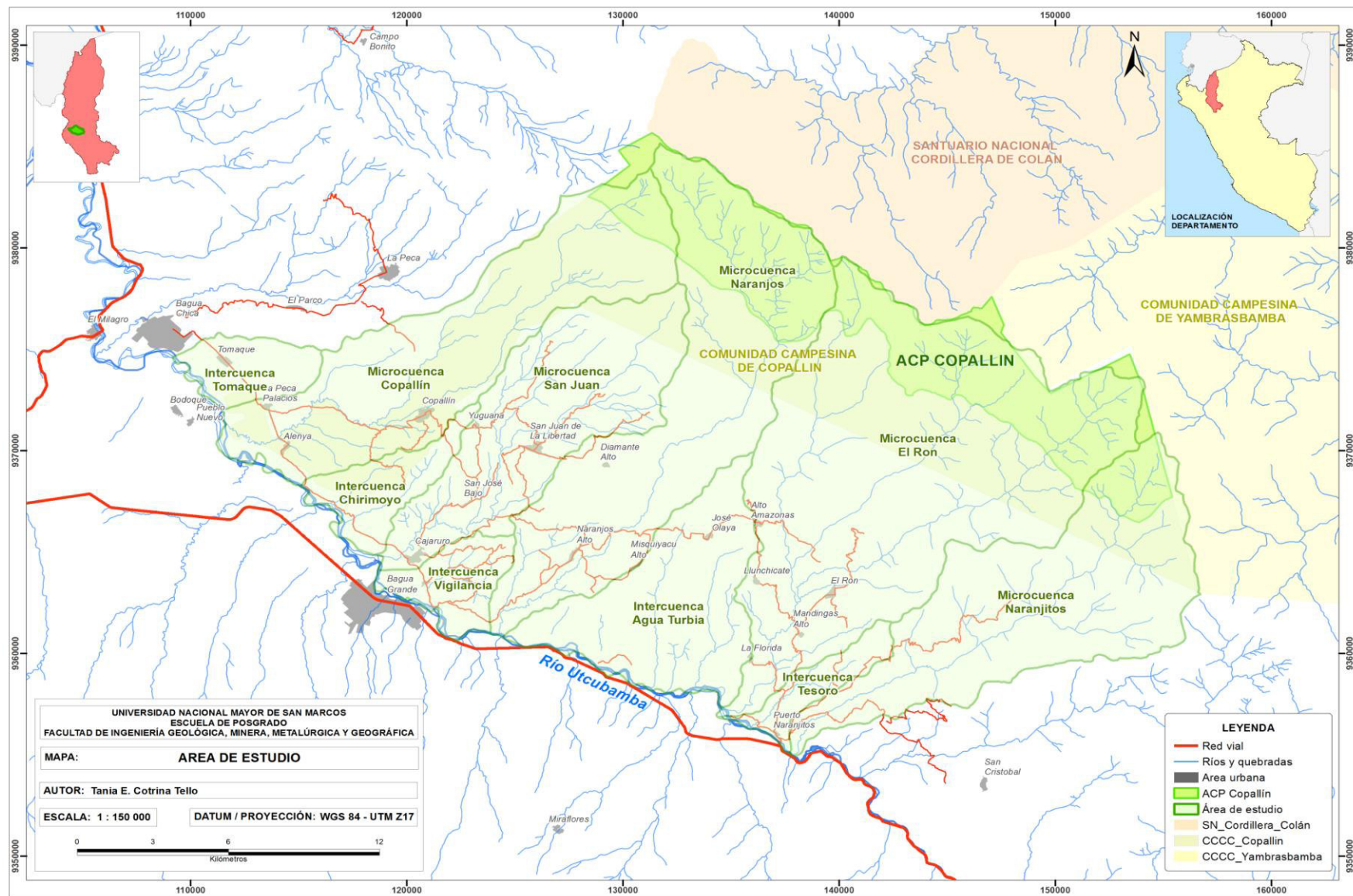


Figura 9. Mapa del área de estudio.



- ***Hidrografía***

Hidrográficamente, se emplaza en la Vertiente del Atlántico y pertenece a la vertiente derecha del río Utcubamba, principal río del valle. Abarca 5 microcuencas, 5 intercuencas, y se consideran a 5 quebradas como las más representativas, las mismas que constituyen las fuentes de agua permanente más importantes, y cuyo origen deriva del Área de Conservación Privada Copallín.

Se detalla a continuación las principales características de las microcuencas e intercuencas, quebradas y canales, así como del ecosistema del Área de Conservación Privada Copallín.

**Microcuencas e Intercuencas**

El área de investigación cuenta con una superficie total de 79 173 hectáreas y comprende 5 microcuencas denominadas El Ron, Naranjos, Naranjitos, Copallín y San Juan; y 5 intercuencas denominadas Agua Turbia, Chirimoyo, Vigilancia, Tomaque y Tesoro, tal como se aprecia en la figura 10, que corresponde al Mapa de distribución de microcuencas e intercuencas, a escala 1: 150 000.

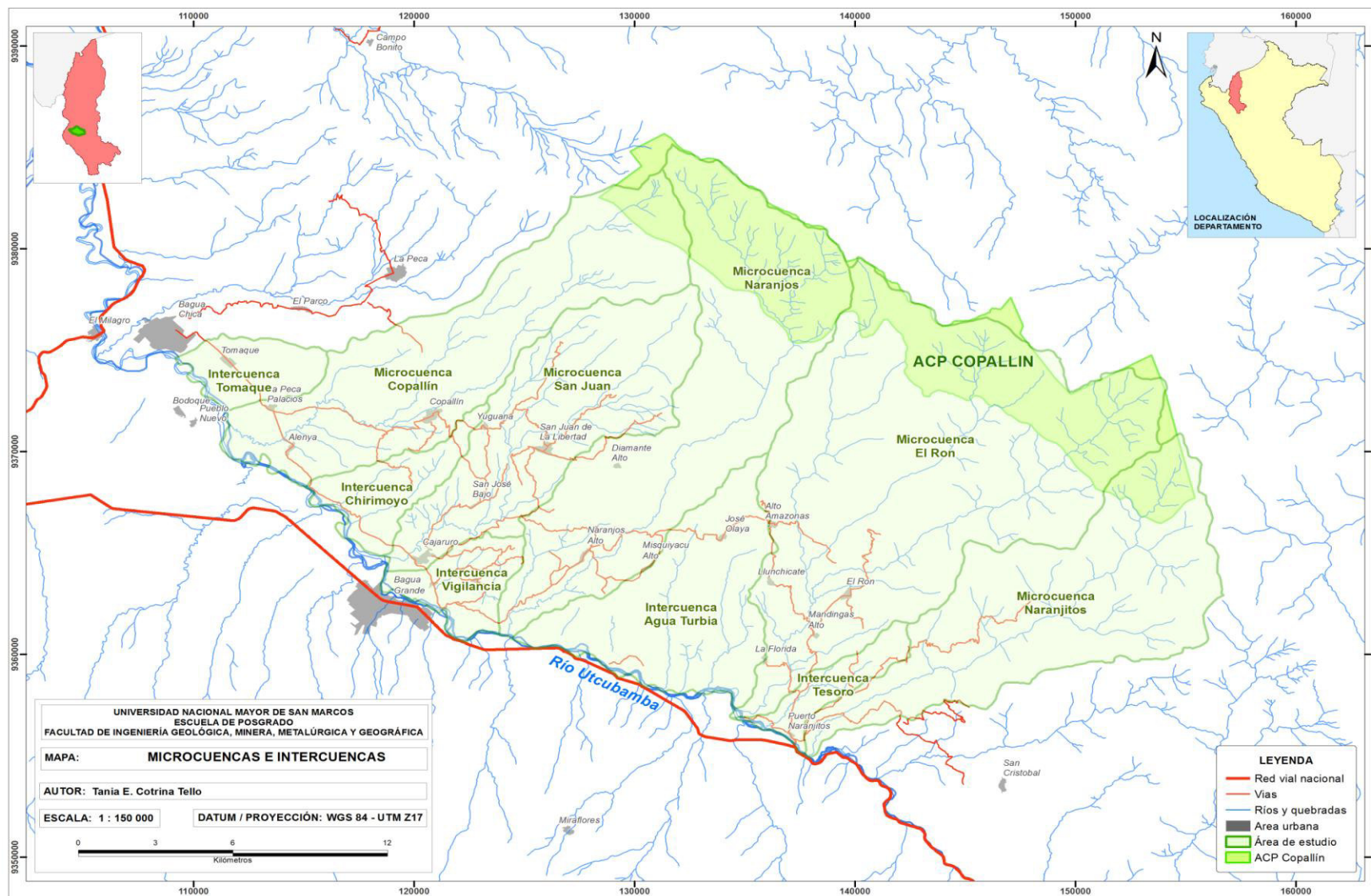


Figura 10. Mapa de distribución de microcuencas e intercuenas.

En el cuadro 1, se observa que el 82.9% (65 626 Ha) de la superficie total corresponde a las 5 microcuencas, siendo la de mayor extensión El Ron con 21 562 Ha (27%), y la microcuenca de San Juan la de menor extensión con 8 318 Ha (10.5%). El restante 17.1% (13 547 Ha) del área total corresponde a las 5 intercuencas, siendo Agua Turbia la de mayor extensión con 6 635 Ha (8.4%) y la de menor extensión Tesoro con 1 303 Ha (1.7%).

**Cuadro 1. Microcuencas e intercuencas según superficie.**

Nombre	Superficie		
	%	Ha	Km2
Microcuenca El Ron	27.24	21,562.89	215.63
Microcuenca Naranjos	16.88	13,366.19	133.66
Microcuenca Naranjitos	14.29	11,311.37	113.11
Microcuenca Copallín	13.98	11,067.68	110.68
Microcuenca San Juan	10.51	8,317.95	83.18
<b>SubTotal</b>	<b>82.89</b>	<b>65,626.09</b>	<b>656.26</b>
Intercuenca Agua Turbia	8.38	6,635.50	66.35
Intercuenca Chirimoyo	2.62	2,072.06	20.72
Intercuenca Vigilancia	2.30	1,822.37	18.22
Intercuenca Tomaque	2.16	1,713.75	17.14
Intercuenca Tesoro	1.65	1,303.38	13.03
<b>SubTotal</b>	<b>17.11</b>	<b>13,547.05</b>	<b>135.47</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>79,173.14</b>	<b>791.73</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.

### **Quebradas**

Son 5 las quebradas más representativas, que tienen su punto de origen en la divisoria de aguas del Área de Conservación Privada Copallín y del Santuario Nacional Cordillera de Colán, y desembocan en el río Utcubamba, quien a la vez desemboca en el río Marañón.

Se tiene a las nacientes de la quebrada Naranjos, Copallín, EL Ron, Naranjitos y San Juan, siendo la de mayor longitud la quebrada Naranjos con 32 Km y la menor longitud la de San Juan con 22 km. (ver Cuadro 2).

*Cuadro 2. Quebradas según longitud.*

Quebradas	Longitud (km)
Quebrada Naranjos	32
Quebrada Copallín	29
Quebrada El Ron	27
Quebrada Naranjitos	24
Quebrada San Juan	22

*Fuente.* Elaboración Propia.

A continuación se detallan las principales características:

**Quebrada Naranjos**, es la quebrada de mayor extensión, alcanza aproximadamente 32 km de longitud, su cuenca es alargada por lo que no tienen afluentes importantes. Entre los poblados más importantes de la margen derecha se tienen: Diamante Alto, Diamante Bajo y Coca Enrique; y en la margen izquierda: Naranjos Alto, Santa Isabel y Misquiyacu Alto.

**Quebrada Copallín**, se localiza en el extremo noroeste del área de interés, es la tercera en extensión con una longitud aproximada de 29 km. Entre los poblados más importantes se tiene en la margen derecha: Chonza Laguna, Caña Brava, San Roque y La Peca Palacios; y en la margen izquierda: Copallín y Alenya.

**Quebrada El Ron**, se localiza en la zona central, tiene un recorrido con dirección de norte a sur. Es la tercera en extensión, con una longitud aproximada de 27 kilómetros. Por la margen derecha, su afluente más importante, es el Hebrón, con una longitud de 19 km, y éste recibe las aguas de la quebrada Chalaco. Entre los poblados más importantes de la margen derecha se tienen: Alto Amazonas, La Unión, Hebrón, La Florida y Llunchicate; y en la margen izquierda, Chalaco, El Alizo, El Ron, Mandingas Alto.

**Quebrada Naranjitos**, se localiza al sureste del área de interés, alcanzando una longitud aproximada de 24 km desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Utcubamba. Tiene un recorrido con dirección noreste hacia el suroeste. Entre los poblados más importantes se tiene en la margen derecha: La Libertad y La Libertad Alto; y en la margen izquierda: Naranjitos Alto y Alto Utcubamba.

**Quebrada San Juan**, es la quebrada de menor longitud con 22 km. Entre los poblados más importantes de la margen derecha se tienen: Santa Cruz, Yuguana y San José Bajo, y en la margen izquierda: San Juan de la Libertad, Paraíso y Cajaruro.

A nivel de las intercuencas existen quebradas pequeñas, las mismas que se activan en periodos de lluvia y además recogen el exceso de agua de los canales.

### **Canales**

Según los datos proporcionados por la Juntas de Usuarios de la Administraciones Locales del Agua de Bagua, Santiago y Utcubamba, en el área de investigación existe un total de 6 juntas que generalmente coinciden con las microcuencas y el número de usuarios asciende a 4 608, registrándose el mayor número en Copallín con 1 455 usuarios y el menor número en El Ron con 352 usuarios, tal como se aprecia en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Principales características de los canales según Junta de usuarios.**

Junta de usuarios	N° Usuarios	N° Canales	Longitud (m)	Área Bajo (Ha)
El Ron	352	8	36,636.00	1,084.69
Naranjos	913	18	130,002.94	3,589.94
Naranjitos	396	9	65,679.00	1,548.47
Copallín	1,455	25	158,336.00	2,824.20
San Juan	706	36	103,156.50	2,269.06
Llunchicate	786	27	106,949.00	2,997.25
<b>TOTAL</b>	<b>4,608</b>	<b>123</b>	<b>600,759.44</b>	<b>14,313.61</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.

Las autoridades de la Junta de usuarios y la población local manifiestan que existe una ausencia de construcción en los años recientes, en su mayoría los canales existentes datan de los años 80 y finales de 90. Se cuenta con un total de 123 canales que se concentran en la cuenca media y baja. El mayor número de canales corresponde a la junta de San Juan con 36, y el menor número a El Ron con 8. La extensión total de los canales, es de 600 759.44 metros lineales. La junta de Copallín tiene la mayor extensión con 158 336 metros y El Ron la menor con 36 636 metros lineales.

La superficie bajo riego asciende a 14 314 hectáreas, la junta de Naranjos cuenta con la mayor superficie bajo riego con 3 590 hectáreas mientras que El Ron registra la menor superficie bajo riego con 1 085 hectáreas.

La figura 11, corresponde al Mapa de principales canales y quebradas, trabajado a escala 1: 150 000, donde se puede observar las principales quebradas y los canales existentes a nivel de las microcuencas e intercuencas de interés.



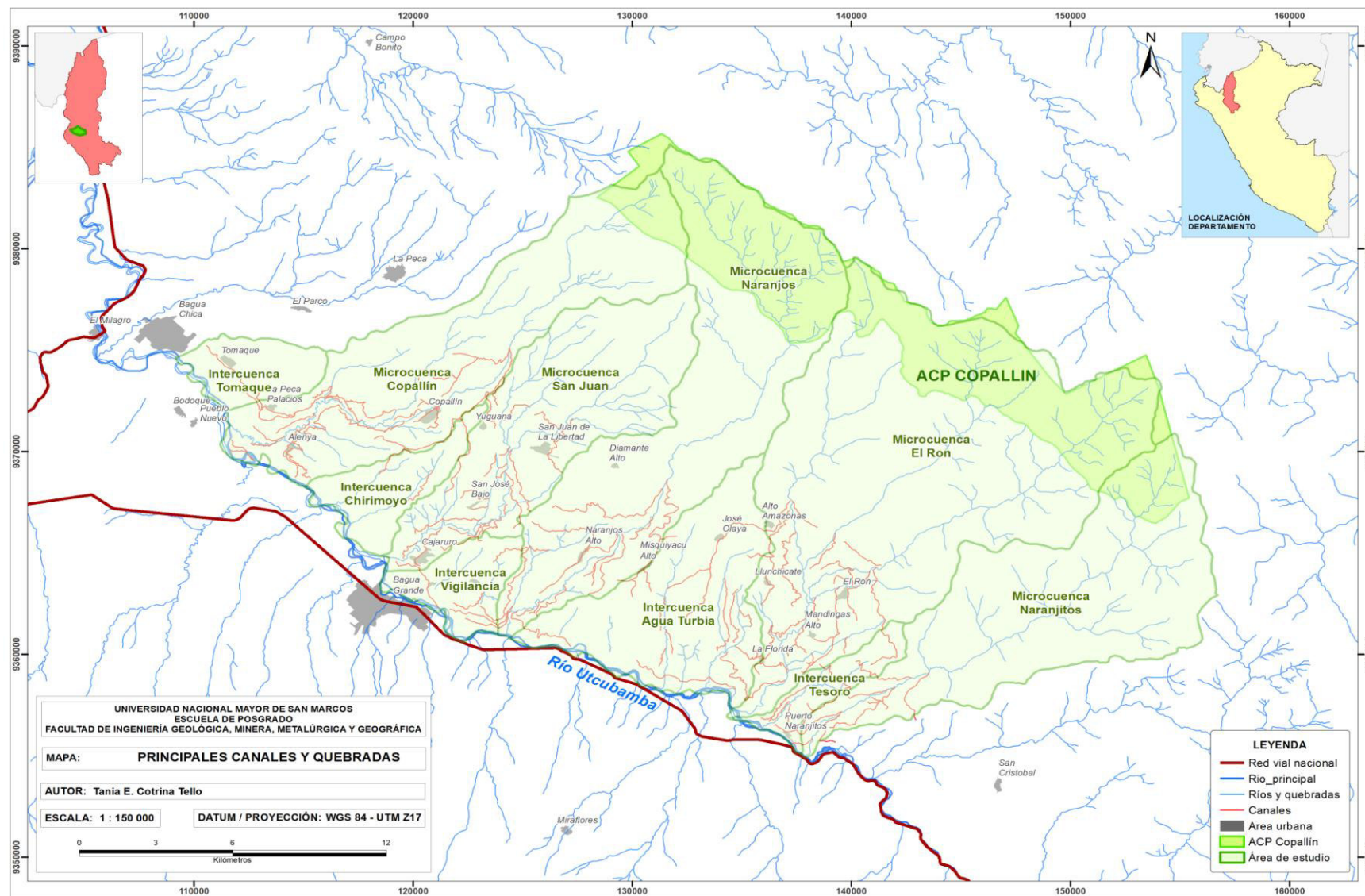


Figura 11. Mapa de principales canales y quebradas.

**Ecosistema de bosque montañoso del Área de Conservación Privada Copallín**

El área de investigación abarca en su cuenca alta al Área de Conservación Privada Copallín, un recurso muy importante en términos hídricos que constituye un ecosistema de bosque montañoso o bosque montano, con características particulares que le otorgan la capacidad de proveer o suministrar agua a la población beneficiaria de la cuenca media baja, quienes en su mayoría tienen como principal actividad económica a la agricultura, orientada al cultivo de arroz. Se ha identificado que el ACP Copallín, constituye la principal fuente de agua para los regantes de las quebradas y se caracteriza por brindar el servicio ecosistémico de provisión de agua.

El Área de Conservación Privada Copallín fue creada en el año 2011, por R.M. 140-2011-MINAM. Se ubica dentro del predio de la comunidad campesina del mismo nombre, cuyo nombre deriva del árbol copal, que tiene la copa llena. Cuenta con 11.549 hectáreas y se creó con el objetivo de conservar la biodiversidad de los bosques montañosos, y las fuentes generadoras de servicios ambientales de los cuales hacen uso los pobladores locales de Copallín, así como contribuir con la protección del Santuario Nacional Cordillera de Colán, al formar parte de su zona de amortiguamiento.

Se destaca por su diversidad biológica consistente en: 149 especies de plantas (6 especies endémicas, 2 registros nuevos de orquídeas y especies en peligro crítico de conservación); 127 especies de aves, 10 especies de mamíferos, presencia del “oso andino” y el “mono choro cola Amarilla”, especies en peligro de extinción.

Más de la mitad de la población mundial depende de agua dulce almacenada en las montañas para beber, cocinar y lavar, el riego, la energía hidroeléctrica, la industria y el transporte. Cuando se eliminan los bosques en las montañas se deja la tierra sin protección y



aumentan las escorrentías y la erosión del suelo. Como resultado, la calidad del agua en los torrentes y ríos se deteriora tanto para las comunidades que viven aguas arriba como para las que lo hacen aguas abajo. Los peces y otras especies acuáticas se ven amenazados. Los sistemas de riego de los que dependen los agricultores de las tierras altas y bajas se encenagan, lo que supone riesgos para la producción de alimentos y un costoso mantenimiento.<sup>4</sup>

### - ***Clima***

Tomando como base el Sistema de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite, aceptada oficialmente por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), se pueden diferenciar 2 tipos de climas:

- ✓ **Tipo Climático B(r) A' H3**, tiene la mayor representatividad y constituye el tipo climático que predomina en el área de estudio. Se caracteriza por ser un clima cálido, lluvioso y húmedo, registra precipitación abundante en todas las estaciones del año.
- ✓ **Tipo Climático C(o,i)B'2 H3**, su representatividad es menor y coincide con la superficie del ACP Copallín. Se caracteriza por ser un clima semiseco, templado y húmedo, según la distribución de la precipitación anual registra otoño e invierno seco.

### - ***Litología***

Las características litológicas han sido definidas a partir de la información de la Carta Geológica Nacional correspondiente a las hojas 12g y 12f del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Se pueden diferenciar 17 unidades geológicas, siendo la caliza el material litológico predominante seguido por las areniscas,

---

<sup>4</sup> <http://www.un.org/es/events/mountainday/forest.shtml>

limolitas y lutitas. En el cuadro 4, se detallan las principales características litológicas en función de la unidad geológica correspondiente.

**Cuadro 4. Características litológicas según unidad geológica.**

Unidad Geológica	Características litológicas
Dep. aluvial	Gravas, arenas y limos de forma subredondeadas a redondeadas, naturaleza polimíctica y tamaño heterométrico.
Fm. Aramachay	Conglomerados calcáreos, calizas
Fm. Cajamarca	Calizas mudstone y wackestone, intercalados con niveles de lutitas
FM. Cajaruro	Limoarcillitas gris claras
Fm. Celendin	Caliza en capas medianas, intercaladas con caliza nodular alternada con margas y arenisca calcarea.
Fm. Chota	Areniscas blanquecinas a rojas, de grano medio a grueso
Fm. Condorsinga	Calizas dolomitizadas
Fm. Bellavista	Areniscas, limolitas y limoarcillitas
Fm. Chambara	Calizas, dolomias intercaladas con areniscas
Fm. Chulec	Caliza arenosa, arenisca calcárea en capas medianas, parduzcas a beige.
Fm. Milagro	Lutitas y limolitas rojo violáceo y areniscas finas micáceas gris verdosas de medios de llanura de inundación fluvial.
Fm. Sarayaquillo	Limolitas, areniscas color rojo y conglomerados de ambiente continental fluvial y presencia de yeso.
Gpo. Goyllarisquizga	Areniscas cuarzosas
Gpo. Mitu	Arcosas, areniscas feldespáticas y conglomerados de medio fluvial.
Gpo. Oriente	Areniscas de grano medio a fina
Gpo. Pullucana	Calizas wackestone y lutitas.
Gpo. Quilquiñan	Calizas y lutitas

*Fuente.* Elaboración Propia.

#### - **Cobertura y uso de la tierra**

En cuanto a la cobertura de la tierra, está se define como la cobertura (bio) física que se observa sobre la superficie, por ejemplo, tipos de vegetación, elementos antrópicos, afloramientos rocosos, cuerpos de agua, etc. El término uso de la tierra se relaciona con las actividades humanas o las funciones económicas de una porción específica de la tierra (agrícola, urbano, industrial, de reserva natural, etc.)

Son 6 las unidades de cobertura y uso actual de la tierra identificadas al año 2007, siendo la cobertura de agricultura y pastos la más

representativa (49.86%), seguido del bosque primario (39.91%), el bosque seco (6.42%), el pajonal (2.57%) y el bosque en escarpe (1.24%). En el cuadro 5, se detallan las principales características de las unidades identificadas.

**Cuadro 5. Unidades de cobertura y uso según superficie.**

Unidades de Cobertura y Uso	Simbología	Superficie	%
Agricultura y pastos	AP	39478.18	49.86
Bosque primario	B	31594.44	39.91
Bosque seco	Bs	5081.55	6.42
Pajonal	P	2034.55	2.57
Bosque en escarpe	Be	984.42	1.24

*Fuente.* Elaboración Propia.

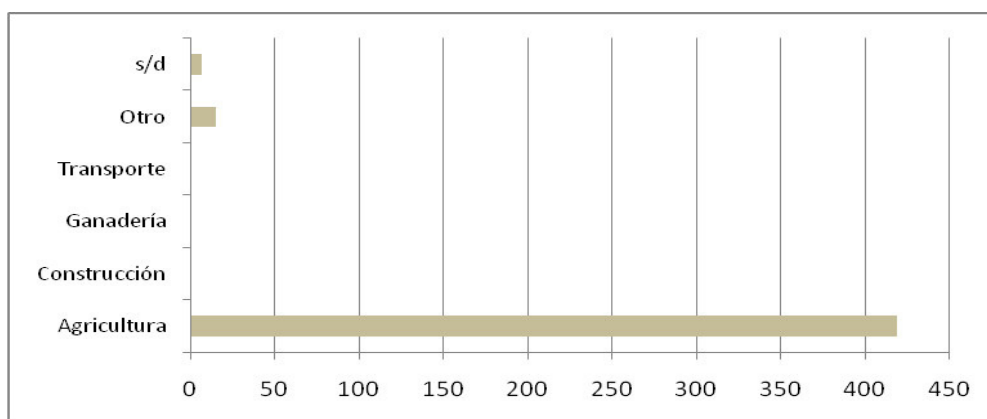
A continuación se describen las unidades de cobertura y uso:

- **Agricultura y pastos (AP):** Este tipo de cobertura agrupa las áreas agrícolas y de pastos, ubicados en la cuenca media – baja.
- **Bosque (B):** Corresponden a las áreas que cuentan con una alta densidad de árboles y/o vegetación nativa o primaria, ubicados hacia la cuenca alta.
- **Bosque seco (Bs):** Corresponde a la zona de vida matorral espinoso tropical, unidad localizada en la margen derecha del río Utcubamba.
- **Pajonal (P):** Se les conoce con el nombre vulgar de “ichu”. Se agrupan en el límite con el Santuario Nacional Cordillera de Colán
- **Bosque en escarpe (Be):** Cobertura diferenciada del bosque primario, por su ubicación en áreas escarpadas, que forman una barrera natural entre la vertiente media y alta de la margen derecha del río Utcubamba.

### 2.4.2. Características socioeconómicas

De la revisión y análisis de los estudios realizados en el ámbito de investigación y la visita de reconocimiento para la validación de la información generada, se han identificado como las características socioeconómicas más importantes, las siguientes:

- El promedio de habitantes por vivienda es de 3.9, con un promedio de hijos por familia de 3.1, En su mayoría el grado de instrucción es de primaria incompleta.
- En cuanto a las características de la vivienda: el material predominante en paredes es el adobe, los pisos son de tierra, y los techos en su mayoría de calamina.
- En relación a los servicios, cerca del 90% cuenta con energía eléctrica y más del 70% con red de agua, mientras que la red de desagüe aún muestra deficiencias pues sólo el 25% cuentan con este servicio.
- La principal actividad económica es la agricultura que representa el 94.4%. En su mayoría, la población se dedica a esta actividad desde hace un periodo de 10-19 años, ya sea durante todo el año (72%) o la mitad del año (20.7%). (ver Figura 12).



**Figura 12. Principal actividad económica. Apadtado de Línea base: Caracterización de los beneficiarios de los servicios hídricos del ACP Copallín. APECO (2013).**

- El arroz constituye el principal cultivo y representa el 59.5%, seguido por el cacao (15.8%) y el café (11.7%), tal como se muestra en el cuadro 6. La producción de arroz en su mayoría está destinado a la venta y cerca del 15 % al autoconsumo. Los cultivos se venden mayormente en la chacra, siendo los comerciantes minoristas los principales compradores.

**Cuadro 6. Principales cultivos.**

Cultivos	Casos	
	Abs.	%
Arroz	264	59,5%
Cacao	70	15,8%
Café	52	11,7%
Maíz	15	3,4%
Yuca	6	1,4%
Soya	4	0,9%
Plátanos	3	0,7%
Papaya	2	0,5%
Inverna	2	0,5%
Frutales	1	0,2%
s/d	25	5,6%
<b>Total</b>	<b>444</b>	<b>100,0%</b>

*Fuente.* Adaptado de Línea base: Caracterización de los beneficiarios de los servicios hídricos del ACP Copallín. APECO (2013).

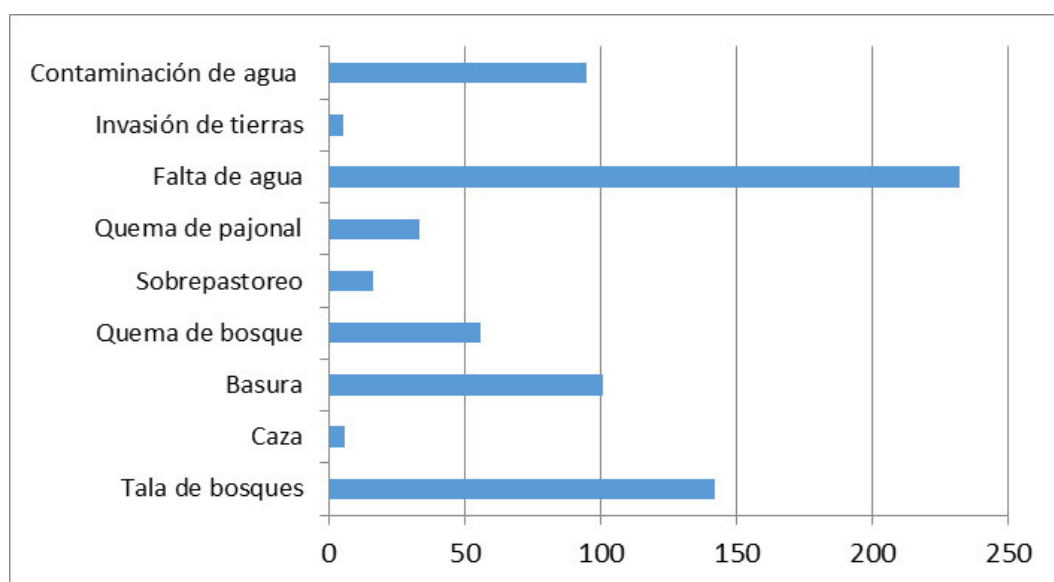
- El pago por día de jornal actualmente asciende a 25 nuevos soles. Su valor promedio ha mejorado puesto que hace 5 años fue de 18 nuevos soles y hace 10 años era de 12 nuevos soles.
- El tamaño promedio de parcelas fue estimada en 3.7 hectáreas. A nivel de microcuencas: Naranjitos registró el mayor tamaño con 4.7 hectáreas, y en San Juan se registró el menor tamaño con de 2.7 hectáreas. (ver Cuadro 7).

**Cuadro 7. Tamaño promedio de parcelas según microcuenca.**

Microcuenca	Tamaño Promedio (Ha)
Microcuenca Copallín	3,1
Microcuenca El Ron	3,7
Microcuenca Naranjitos	4,7
Microcuenca Naranjos	4,5
Microcuenca San Juan	2,7
<b>Total</b>	<b>3,7</b>

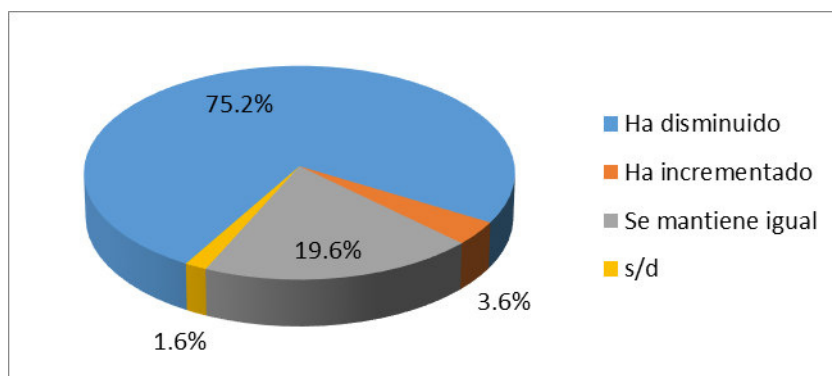
*Fuente.* Adaptado de Línea base: Caracterización de los beneficiarios de los servicios hídricos del ACP Copallín. APECO (2013).

- Es común el uso de agroquímicos, destacando el uso de urea, mientras los insecticidas y herbicidas son los menos empleados.
- La población reconoce la provisión de agua como uno de los principales servicios hídricos que ofrece el ecosistema ubicado en el Área de Conservación Privada Copallín, se refieren a la falta de agua como el principal problema ambiental (52%), seguido por la tala de bosque (32%), la acumulación de basura (23%) y la contaminación del agua (21%). (ver Figura 13).



**Figura 13. Principales problemas ambientales.** Adaptado de Línea base: Caracterización de los beneficiarios de los servicios hídricos del ACP Copallín. APECO (2013).

- En relación a la disponibilidad de agua, el 75.2% de la población considera que la cantidad de agua con la que se cuenta para el desarrollo de la agricultura y otras actividades es insuficiente y registra una disminución en los últimos cinco años, siendo el periodo más crítico entre los meses de julio a diciembre. (ver Figura 14).



**Figura 14. Situación de la disponibilidad de agua en los últimos 5 años. Adaptado de Línea base: Caracterización de los beneficiarios de los servicios hídricos del ACP Copallín. APECO (2013).**

- La población considera mayoritariamente (84%) que existe una relación entre los bosques de la cuenca alta y la cantidad disponible de agua, indicando que las zonas altas tienen la capacidad de almacenar agua y atraer lluvias. Además, señala la tala de bosques como la principal actividad que afecta la disponibilidad de agua (47.7%), seguido por la expansión agrícola (24.3%). (ver Cuadro 8).

**Cuadro 8. Actividades que afectan la disponibilidad de agua.**

Actividad	%
Tala de bosques / Extracción de madera	47,7%
(Deforestación) Expansión agrícola	24,3%
Contaminación por agroquímicos	10,1%
Ganadería	9,5%
Incendios (quema de pajonales)	8,6%
Cambio climático	5,9%

**Fuente.** Adaptado de Línea base-Characterización de los beneficiarios de los servicios hídricos del ACP Copallín. APECO (2013).

## **CAPÍTULO III**

### **HIPOTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis general**

La provisión del recurso hídrico se relaciona directamente con el cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas, considerando un enfoque de valoración económica.

#### **3.2. Hipótesis específicas**

- ✓ La oferta hídrica se relaciona directamente con la demanda de agua para cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas.
- ✓ El proceso de deforestación se relaciona directamente con la oferta hídrica para cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas.



### 3.3. Identificación de variables

**Variable independiente (V1):**

Provisión del recurso hídrico

**Variable dependiente (V2):**

Cultivo de arroz

### 3.4. Operacionalización de variables

Para demostrar y comprobar la hipótesis anteriormente formulada, la operacionalizamos, determinando las variables e indicadores que a continuación se muestran en el cuadro 9.

**Cuadro 9. Variables e Indicadores.**

Variables	Indicadores
V1 Provisión del recurso hídrico	1.1 Oferta hídrica
	1.2. Proceso de deforestación
V2 Cultivo de arroz	2.1. Superficie de cultivos de arroz
	2.2. Demanda de agua para cultivo de arroz

*Fuente.* Elaboración Propia.

### 3.5. Matriz de consistencia

En el cuadro 10, se muestra la matriz de consistencia.

**Cuadro 10. Matriz de consistencia.**

Título	Problemas de la Investigación	Objetivos de la Investigación	Formulación de Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología	Población, Muestra	Técnicas, Instrumentos
Evaluación de la provisión del recurso hídrico	<b><u>Problema General</u></b>	<b><u>Objetivo General</u></b>	<b><u>Hipótesis general</u></b>	<b><u>Variable independiente (V<sub>1</sub>)</u></b>		<b><u>Tipo de investigación</u></b>	<b><u>Población</u></b>	<b><u>Técnicas</u></b>
	¿Cómo se relaciona la provisión del recurso hídrico con el cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín en Amazonas, considerando un enfoque de valoración económica?	Evaluar la provisión del recurso hídrico y su relación con el cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas, considerando un enfoque de valoración económica.	La provisión del recurso hídrico se relaciona directamente con el cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas, considerando un enfoque de valoración económica.	Provisión del recurso hídrico	1.1. Oferta hídrica  1.2. Proceso de deforestación	<b>Tipo:</b> Aplicada  <b>Nivel:</b> Descriptivo Correlacional	El universo está conformado por el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín definido para fines de la investigación, que abarca una superficie total de 79 173 hectáreas.	Técnica de fichaje y análisis de contenidos.
	<b><u>Problemas Específicos</u></b>	<b><u>Objetivos específicos</u></b>	<b><u>Hipótesis específicas</u></b>	<b><u>Variable dependiente (V<sub>2</sub>)</u></b>		<b><u>Diseño de la investigación</u></b>	<b><u>Muestra</u></b>	<b><u>Instrumentos</u></b>
	¿Cómo se relaciona la oferta hídrica con la demanda de agua para el cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín en Amazonas?	Evaluar la relación entre la oferta hídrica y la demanda de agua para el cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas.	La oferta hídrica se relaciona directamente con la demanda de agua para cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas.	Cultivo de arroz	2.1. Superficie de cultivos de arroz  2.2. Demanda de agua para cultivo de arroz	No experimental	La muestra estará constituida por 5 microcuencas y 5 intercuencas.	<b>Fichaje y análisis de contenidos:</b> -Ficha bibliográficas -Hoja de cálculo - excel -Base de datos cartográfica.
y	¿Cómo se relaciona el proceso de deforestación con la oferta hídrica para el cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín en Amazonas?	Evaluar la relación entre el proceso de deforestación y la oferta hídrica para cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas.	El proceso de deforestación se relaciona directamente con la oferta hídrica para cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas.					

*Fuente. Elaboración Propia.*

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1. Tipo y diseño de investigación

Hernández (2003), señala que la investigación puede cumplir dos propósitos a) producir conocimiento y teorías (investigación básica) y b) resolver problemas prácticos (investigación aplicada). La presente investigación es de *tipo aplicada*, en tanto se aplican teorías ya existentes para aportar a la solución del problema identificado.

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población (Hernández, et, al., 2003). De acuerdo a esta definición la presente investigación tiene un *enfoque cuantitativo*.

Tomando como referencia la clasificación de niveles de investigación de Danhke (1989), la presente investigación es de nivel descriptivo correlacional, ya que se describen las características de las variables y se evalúa la relación que existe entre ellas, es decir, saber cómo se

puede comportar una variable conociendo el comportamiento de la otra.

El diseño es no experimental, puesto que se realiza sin la manipulación deliberada de variables y sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.

#### **4.2. Unidad de análisis**

La unidad de análisis es la microcuenca, que constituye un ámbito de superficie pequeña, generalmente usadas para investigaciones, por ser adecuado para establecer medidas de planificación del uso y manejo de los recursos naturales, en la búsqueda de la sostenibilidad de los sistemas de producción y los diferentes medios de vida.

#### **4.3. Población de estudio**

El universo está conformado por el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín definido para fines de la investigación, que abarca una superficie total de 79 173 hectáreas.

#### **4.4. Tamaño de muestra**

El tamaño de la muestra ha sido definido en función del área de estudio que comprende 5 microcuencas denominadas El Ron, Naranjos, Naranjitos, Copallín y San Juan; y 5 intercuencas denominadas Agua Turbia, Chirimoyo, Vigilancia, Tomaque y Tesoro.

#### **4.5. Selección de muestra**

Se ha definido en función del área de investigación que comprende 5 microcuencas y 5 intercuencas, cuya delimitación e identificación se realizó en base a imágenes de satélite y cartografía oficial, tomando en cuenta las quebradas que se originan en el Área de Conservación Privada Copallín y las divisorias de aguas que limitan las microcuencas que éstas forman.

#### **4.6. Técnicas de recolección de datos**

Se realizó inicialmente la recopilación, revisión y análisis de información secundaria, de fuentes bibliográficas y estadísticas, libros, revistas especializadas, trabajos de investigación anteriores y otros realizados a nivel instituciones públicas y privadas en el área de estudio. Además, mediante observación directa se recogió información primaria complementaria, para validar el diagnóstico biofísico base.

Para ambas tareas se recurrió a la técnica del Fichaje y Análisis de Contenidos, siendo los instrumentos las fichas bibliográficas y de campo, hoja de cálculo (Excel), base de datos cartográfica.

#### **4.7. Análisis e interpretación de la información**

El análisis cuantitativo de los datos se realizó mediante las pruebas estadísticas paramétricas de Coeficiente de correlación de Pearson y

el análisis de regresión, utilizando el programa estadístico conocido como SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), que es uno de los programas de mayor uso en Estados Unidos así como en América latina.

El Coeficiente de correlación de Pearson es considerado como un índice que puede utilizarse para medir el grado de asociación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas. Para la interpretación el coeficiente “r” de Pearson puede variar de -1.00 a +1.00, el signo indica la dirección de la correlación (positiva o negativa); y el valor numérico indica la magnitud de la correlación (Muy fuerte a Muy débil).

La Regresión o ajuste, es un modelo matemático que permite establecer la relación de dependencia entre dos o más variables a través de una ecuación. La Regresión se determina con base en el diagrama de dispersión, que es una gráfica donde se relacionan las puntuaciones de una muestra de 2 variables.

Puede ser de tipo lineal (simple o múltiple) o No Lineal (polinómica, exponencial, logarítmica, otro). El modelo expresado en una ecuación debe tener por lo menos un coeficiente de dispersión ( $R^2$ ) de 0.5, es decir que este modelo explique al menos el 50% del comportamiento de la variable, siendo el valor 1 el ajuste perfecto.

#### 4.8. Etapas de trabajo

En la figura 15 se esquematizan las distintas etapas de trabajo (7) para el desarrollo de la presente investigación, y se describe brevemente las metodologías empleadas en cada una de ellas.

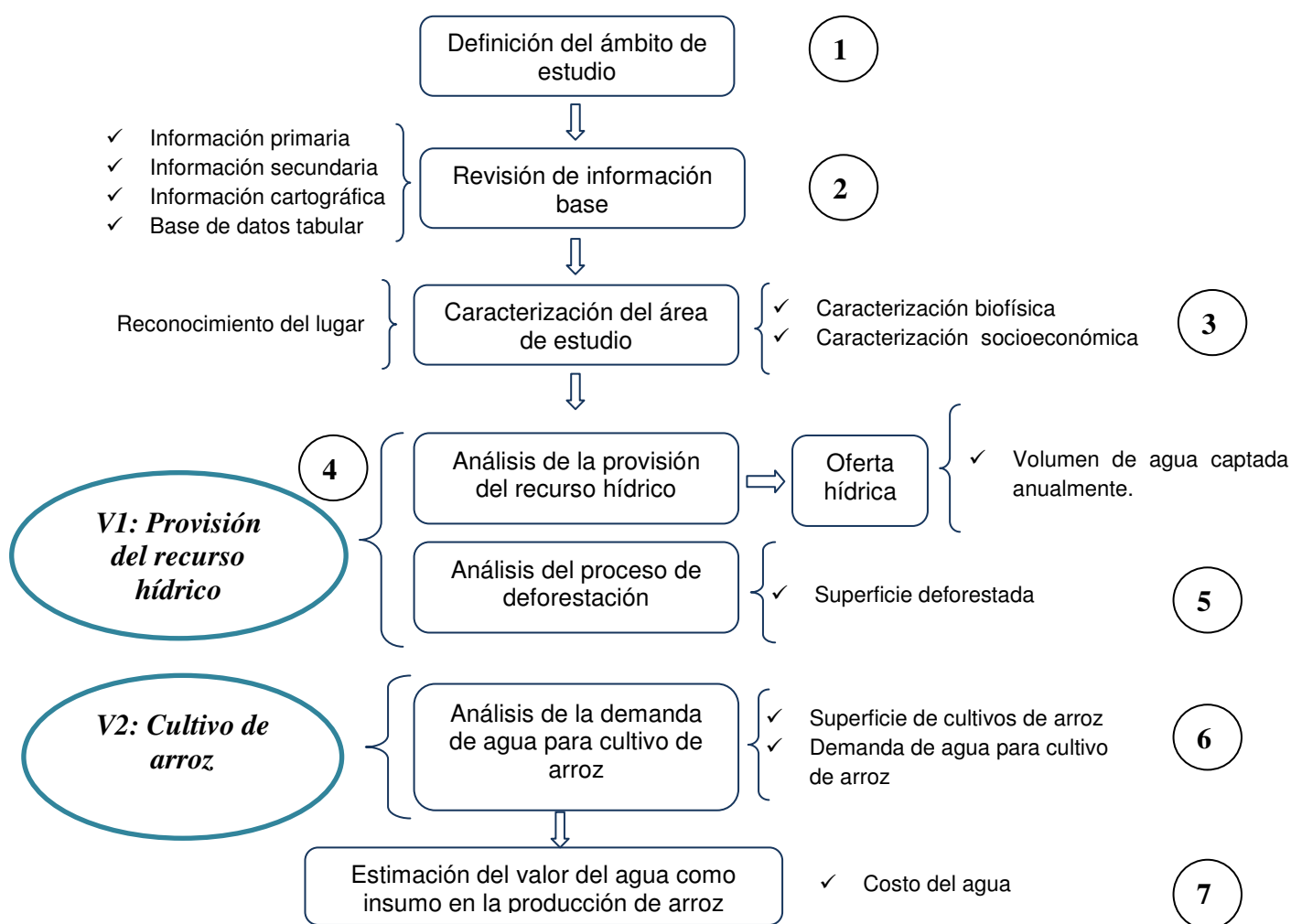


Figura 15. Etapas de trabajo. Elaboración Propia.

Los métodos empleados han sido varios, empleándose generalmente una combinación de estos. En la *primera etapa* la definición del ámbito de investigación se realizó en base a imágenes de satélite y cartografía oficial, tomando en cuenta las quebradas que se originan

en el Área de Conservación Privada Copallín y las divisorias de aguas que limitan las microcuencas que éstas forman.

La *segunda etapa* de revisión de información base, comprendió la revisión de información primaria, secundaria, cartográfica y base de datos tabular existente en las dependencias públicas y privadas; y otros estudios.

Para la *tercera etapa* de caracterización biofísica y socioeconómica se ha recurrido a la revisión, sistematización y análisis de la información base y un reconocimiento del área de estudio y validación de información temática.

El análisis de la variable 1 “Provisión del recurso hídrico, involucra el desarrollo de las etapas 4 y 5. La *cuarta etapa* consistió en el análisis de la provisión del recurso hídrico, en términos de conocer la oferta hídrica anual, entendida como el volumen el agua captado anualmente, para los años 1989, 2000 y 2007, empleado el método de abstracciones de la Soil Conservation Service (SCS), también conocido como número de curva de escorrentía (CN).

En la *quinta etapa* para el análisis de la deforestación el método empleado ha sido el análisis visual<sup>5</sup> y su procesamiento se realizó mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo que ha permitido estimar la superficie deforestada.

El análisis de la variable 2 “Cultivo de arroz” involucra el desarrollo de la *sexta etapa*, que consistió en el análisis de la demanda de agua para cultivo de arroz, el método empleado ha sido también el análisis visual de la imagen de google earth disponible para el año 2007 y su procesamiento mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permitiendo estimar la superficie de cultivos de arroz y

---

<sup>5</sup> Técnica que permite identificar y delimitar unidades de interés en función a características visuales como textura, forma, color, geometría, etc.



determinar posteriormente la demanda de agua requerida en función de la superficie de cultivos de arroz.

En la *séptima etapa* se ha estimado el valor del agua como insumo en la producción agrícola del cultivo de arroz. La metodología consiste en la aplicación del enfoque de cambio en la productividad, asociada a que hay un reconocimiento de que el riego incrementa la productividad agrícola y este cambio en la producción puede ser usado para calcular el valor del agua.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

##### 5.1.1 Análisis de la provisión del recurso hídrico

Para los fines de la investigación se considera la provisión o suministro de agua como uno de los servicios ecosistémicos hídricos más importantes, propio de cabeceras de cuenca, cuya función ecosistémica es la capacidad de almacenamiento y retención de agua expresado como oferta hídrica.

##### - *Oferta hídrica*

Se entiende por oferta hídrica al estudio del recurso hídrico para satisfacer la demanda de la población y de los ecosistemas. Constituye el volumen de agua captada anualmente que ofrece una fuente hídrica expresada en metros cúbicos.

Para conocer el caudal<sup>6</sup>, que se genera a nivel de las microcuencas e intercuencas se requiere información obtenida mediante aforos de los cauces principales. Al no contar con esta información de aforos, debido a la usencia de estudios específicos, se ha indagado acerca

---

<sup>6</sup> Entendido como volumen de agua por unidad de tiempo que pasa por una sección de un cauce.

de métodos que posibiliten dicho cálculo y se ha recurrido a la aplicación del método de abstracciones<sup>7</sup> de la Soil Conservation Service (SCS), también conocido como número de curva de escorrentía (CN), que permitan realizar el cálculo de caudal a partir de la estimación de la escorrentía superficial usando datos de precipitación asociados con la cobertura y uso de la tierra; y el grupo hidrológico de suelo.

Los datos de precipitación promedio mensual fueron obtenidos de la base de datos de WorldClim-Global Climate Data<sup>8</sup>, estos corresponden a promedio de registros históricos entre 1960-1990 y algunos casos entre 1950-2000. WorldClim es un conjunto de capas climáticas globales (rejillas climáticas) con una resolución espacial de aproximadamente 1 kilómetro cuadrado y datum WGS84. Existen disponibles cuatro variables mensuales: promedio mínimo, medio y máximo de temperatura y precipitación. También hay 18 variables bioclimáticas.

Estos datos de tipo raster fueron descargados y procesados usando el software ArcGis 10.2, a fin de obtener valores numéricos de precipitación promedio mensual tanto a nivel intercuenas como de microcuenas.

Del análisis gráfico y tabular de la cobertura y uso de la tierra existente para el ámbito de estudio correspondiente a los años 1989, 2000 y 2007, asociado con el grupo hidrológico según se indica en la figura 5, se obtuvieron los valores de curva número (CN) ponderados respecto del área para cada microcuenca o intercuenca. A manera de ejemplo se muestra en el cuadro 11, resultado del cálculo del valor ponderado de curva número (CN) para la Intercuenca Agua Turbia.

---

<sup>7</sup> Cantidad de líquido que se llega a escurrir ante la presencia de un evento lluvioso.

<sup>8</sup> Disponible en <http://www.worldclim.org>

**Cuadro 11. Valor ponderado de curva número (CN) - Intercuenca Agua Turbia.**

Cobertura	Descripción	Área (Km2)	CN
B	Bosque primario	1.09	80
Be	Bosque en escarpe	0.57	83
Bs	Bosque seco	11	77
AP	Agricultura y pastos	53.69	71
<b>Total</b>		<b>66.35</b>	
<b>Ponderado</b>			<b>72.25</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.

En este método, la profundidad de escorrentía o precipitación efectiva (Pe) está en función de la precipitación total (PP) y de un parámetro de abstracción referido al número de curva o CN. Para el cálculo de la precipitación efectiva promedio mensual (Pe) se empleó la fórmula descrita en la figura 4. Finalmente, el cálculo del caudal promedio mensual en m<sup>3</sup>/s se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Caudal} = \text{Pe} \times \text{Área} \times (1000 / (\# \text{días} \times 24 \times 60 \times 60))$$

A continuación se presenta el detalle de los resultados a nivel de caudales promedio mensuales y sus totales anuales obtenidos para los años 1989, 2000 y 2007, a nivel de las 5 intercuenas y 5 microcuenas que abarcan el área de investigación.

**Intercuenca Agua Turbia**

En el cuadro 12, se muestran los resultados obtenidos del caudal promedio mensual en la Intercuenca Agua Turbia. Se observa, para todos los años, que los mayores caudales totales anuales se registran entre los meses de marzo hasta mayo; y los menores, entre los meses de junio a setiembre. El mayor caudal total anual se registra en el año 1989 (5.95 m<sup>3</sup>/s), para el año 2000 el caudal disminuye en 0.11 m<sup>3</sup>/s (5.84 m<sup>3</sup>/s) y para el año 2007 el caudal se incrementa en 0.09 m<sup>3</sup>/s (5.93 m<sup>3</sup>/s). En términos generales, si comparamos los años 1989 y 2007, se observa que el caudal ha disminuido 0.02 m<sup>3</sup>/s.

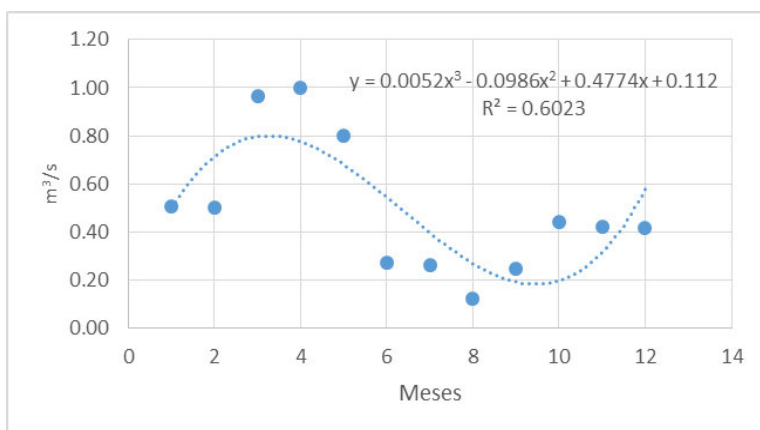
**Cuadro 12. Caudal promedio mensual y total anual - Intercuenca Agua Turbia.**

1989				2000				2007			
<u>Intercuenca Agua Turbia</u>				<u>Intercuenca Agua Turbia</u>				<u>Intercuenca Agua Turbia</u>			
CN = 72.25				CN = 72.25				CN = 72.25			
Área = 66.35 Km <sup>2</sup>				Área = 66.35 Km <sup>2</sup>				Área = 66.35 Km <sup>2</sup>			
Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Enero	75.60	20.50	0.51	Enero	75.60	20.10	0.50	Enero	75.60	20.40	0.51
Feb.	71.80	18.30	0.50	Feb.	71.80	17.90	0.49	Feb.	71.80	18.20	0.50
Marzo	103.60	38.90	0.96	Marzo	103.60	38.40	0.95	Marzo	103.60	38.80	0.96
Abril	103.80	39.00	1.00	Abril	103.80	38.50	0.99	Abril	103.80	38.90	1.00
Mayo	94.10	32.30	0.80	Mayo	94.10	31.80	0.79	Mayo	94.10	32.20	0.80
Junio	57.10	10.50	0.27	Junio	57.10	10.20	0.26	Junio	57.10	10.40	0.27
Julio	57.10	10.50	0.26	Julio	57.10	10.20	0.25	Julio	57.10	10.40	0.26
Agosto	43.70	4.80	0.12	Agosto	43.70	4.60	0.11	Agosto	43.70	4.80	0.12
Set.	55.60	9.70	0.25	Set.	55.60	9.50	0.24	Set.	55.60	9.70	0.25
Oct.	71.10	17.80	0.44	Oct.	71.10	17.50	0.43	Oct.	71.10	17.80	0.44
Nov.	68.70	16.50	0.42	Nov.	68.70	16.10	0.41	Nov.	68.70	16.40	0.42
Dic.	69.20	16.80	0.42	Dic.	69.20	16.40	0.41	Dic.	69.20	16.70	0.41
<b>TOTAL</b>	<b>871.30</b>	<b>235.60</b>	<b>5.95</b>	<b>TOTAL</b>	<b>871.30</b>	<b>231.20</b>	<b>5.84</b>	<b>TOTAL</b>	<b>871.30</b>	<b>234.70</b>	<b>5.93</b>

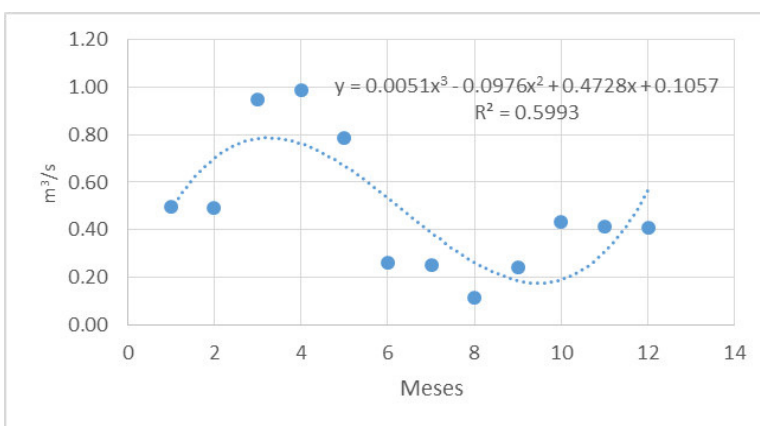
*Fuente.* Elaboración Propia.

Para poder evaluar el patrón del comportamiento anual de los caudales se ha recurrido al análisis de regresión usando Excel versión 2010, siendo el grado de asociación de tipo no lineal. El modelo que mejor explica la relación entre las variables (mes, caudal), luego de realizar el diagrama de dispersión, viene dado por la ecuación polinómica de orden 3, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) promedio para los tres años de 0.6, es decir, se explica el 60% del comportamiento de las variables. En las figuras 16, 17 y 18, se observa el gráfico de la ecuación de regresión polinómica (mes, caudal) para los años 1898, 200 y 2007 respectivamente. El patrón, en todos los años, sigue la misma tendencia, de ser así se espera que

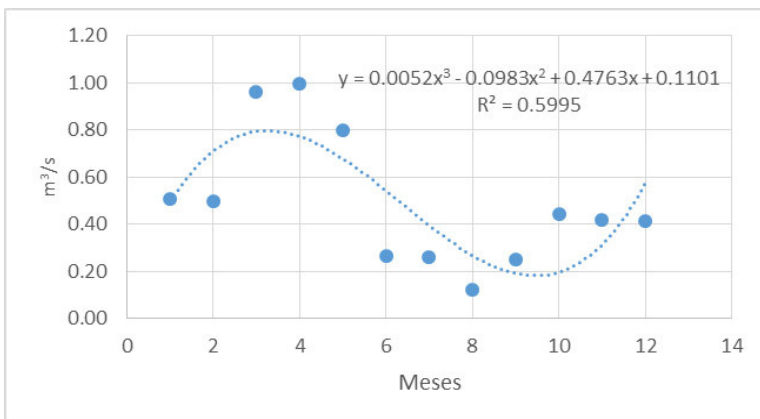
para los años recientes el comportamiento sea similar, siendo la disminución de caudal la característica esencial.



**Figura 16. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuencia Agua Turbia – 1989. Elaboración Propia.**



**Figura 17. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuencia Agua Turbia – 2000. Elaboración Propia.**



**Figura 18. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuencia Agua Turbia – 2007. Elaboración Propia.**

### **Intercuenca Chirimoyo**

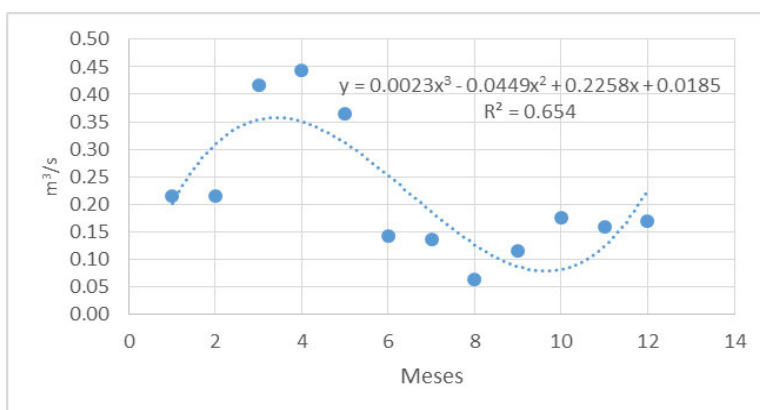
En el cuadro 13, se muestra los resultados obtenidos del caudal promedio mensual en la Intercuenca Chirimoyo. Se observa, para todos los años, que los mayores caudales totales anuales se registran entre los meses de marzo hasta mayo; y los menores, entre los meses de junio a setiembre. El caudal total anual se mantiene continuo para los tres años, registrando un valor de 2.61 m<sup>3</sup>/s.

**Cuadro 13. Caudal promedio mensual y total anual - Intercuenca Chirimoyo.**

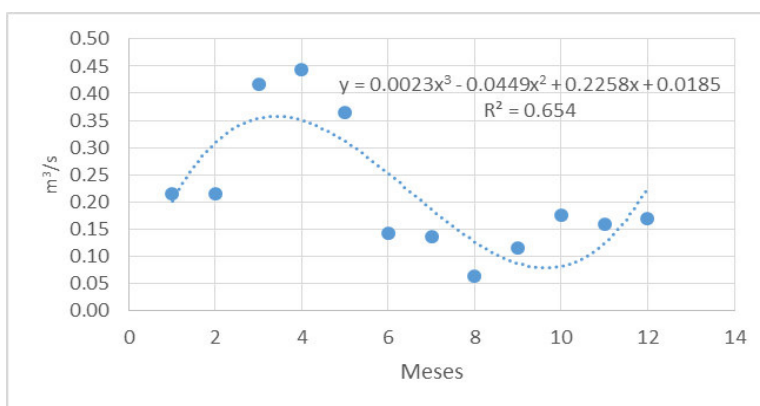
1989				2000				2007			
<u>Intercuenca Chirimoyo</u>				<u>Intercuenca Chirimoyo</u>				<u>Intercuenca Chirimoyo</u>			
CN = 74.40				CN = 74.40				CN = 74.40			
Área = 20.72 Km <sup>2</sup>				Área = 20.72 Km <sup>2</sup>				Área = 20.72 Km <sup>2</sup>			
Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Enero	82.30	27.60	0.21	Enero	82.30	27.60	0.21	Enero	82.30	27.60	0.21
Feb.	78.30	25.00	0.21	Feb.	78.30	25.00	0.21	Feb.	78.30	25.00	0.21
Marzo	118.10	53.80	0.42	Marzo	118.10	53.80	0.42	Marzo	118.10	53.80	0.42
Abril	120.40	55.60	0.44	Abril	120.40	55.60	0.44	Abril	120.40	55.60	0.44
Mayo	109.40	47.10	0.36	Mayo	109.40	47.10	0.36	Mayo	109.40	47.10	0.36
Junio	66.90	17.80	0.14	Junio	66.90	17.80	0.14	Junio	66.90	17.80	0.14
Julio	66.20	17.40	0.14	Julio	66.20	17.40	0.14	Julio	66.20	17.40	0.14
Agosto	49.00	8.30	0.06	Agosto	49.00	8.30	0.06	Agosto	49.00	8.30	0.06
Set.	60.80	14.40	0.12	Set.	60.80	14.40	0.12	Set.	60.80	14.40	0.12
Oct.	74.70	22.60	0.18	Oct.	74.70	22.60	0.18	Oct.	74.70	22.60	0.18
Nov.	70.30	19.90	0.16	Nov.	70.30	19.90	0.16	Nov.	70.30	19.90	0.16
Dic.	73.30	21.80	0.17	Dic.	73.30	21.80	0.17	Dic.	73.30	21.80	0.17
<b>TOTAL</b>	<b>969.66</b>	<b>331.30</b>	<b>2.61</b>	<b>TOTAL</b>	<b>969.66</b>	<b>331.30</b>	<b>2.61</b>	<b>TOTAL</b>	<b>969.66</b>	<b>331.30</b>	<b>2.61</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.

Para poder evaluar el patrón del comportamiento anual de los caudales se ha recurrido al análisis de regresión usando Excel versión 2010, siendo el grado de asociación de tipo no lineal. El modelo que mejor explica la relación entre las variables (mes, caudal), luego de realizar el diagrama de dispersión, viene dado por la ecuación polinómica de orden 3, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) promedio para los tres años de 0.6, es decir, se explica el 60% del comportamiento de las variables. En las figuras 19, 20 y 21, se observa el gráfico de la ecuación de regresión polinómica (mes, caudal) para los años 1898, 200 y 2007 respectivamente. El patrón, en todos los años, sigue la misma tendencia, de ser así se espera que para los años recientes el comportamiento sea similar, manteniéndose los niveles de caudal.

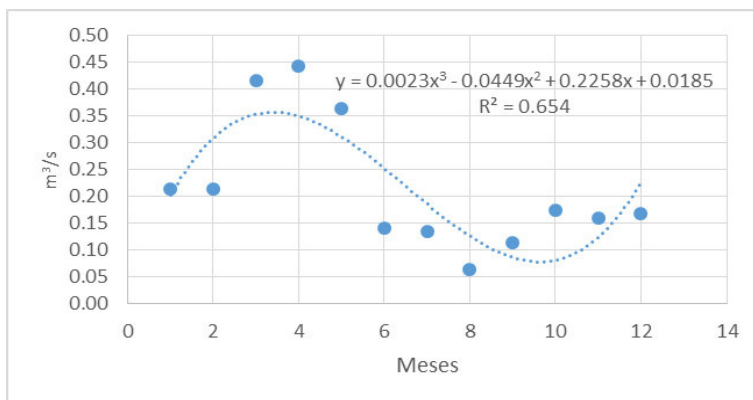


**Figura 19. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Chirimoyo – 1989. Elaboración Propia.**



**Figura 20. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Chirimoyo – 2000. Elaboración Propia.**





**Figura 21. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Chirimoyo – 2007. Elaboración Propia.**

### **Intercuenca Tesoro**

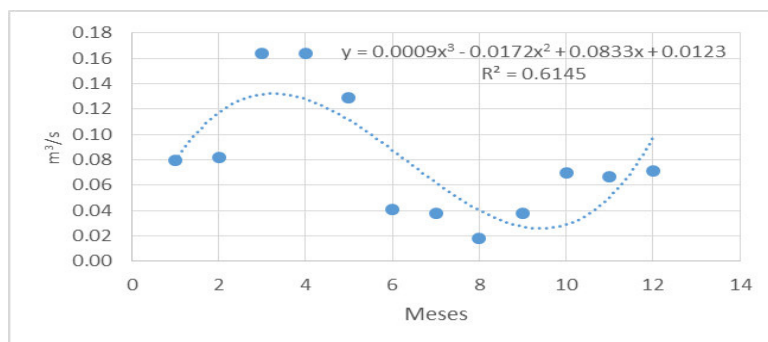
En el cuadro 14, se muestra los resultados obtenidos del caudal promedio mensual en la Intercuenca Tesoro. Se observa, para todos los años, que los mayores caudales totales anuales se registran entre los meses de marzo hasta mayo; y los menores, entre los meses de junio a setiembre. El mayor caudal total anual se registra en el año 1989 ( $0.96 \text{ m}^3/\text{s}$ ), para el año 2000 el caudal disminuye en  $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $0.95 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y para el año 2007 el caudal se mantiene en  $0.95 \text{ m}^3/\text{s}$ . En términos generales, si comparamos los años 1989 y 2007, se observa que el caudal ha disminuido  $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Cuadro 14. Caudal promedio mensual y total anual - Intercuenca Tesoro.**

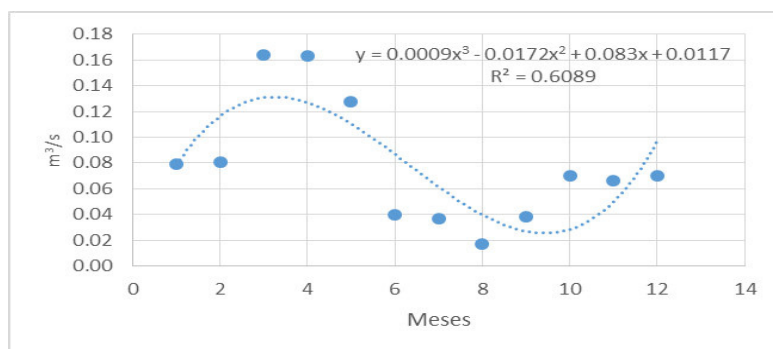
1989				2000				2007			
<u>Intercuenca Tesoro</u>				<u>Intercuenca Tesoro</u>				<u>Intercuenca Tesoro</u>			
CN = 71.29				CN = 71.29				CN = 71.29			
Área = 13.03 Km <sup>2</sup>				Área = 13.03 Km <sup>2</sup>				Área = 13.03 Km <sup>2</sup>			
Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Enero	70.80	16.50	0.08	Enero	70.80	16.30	0.08	Enero	70.80	16.60	0.08
Feb.	68.40	15.20	0.08	Feb.	68.40	15.10	0.08	Feb.	68.40	15.30	0.08
Marzo	98.70	33.80	0.16	Marzo	98.70	33.60	0.16	Marzo	98.70	33.90	0.16
Abril	96.90	32.60	0.16	Abril	96.90	32.40	0.16	Abril	96.90	32.70	0.16
Mayo	87.80	26.60	0.13	Mayo	87.80	26.40	0.13	Mayo	87.80	26.80	0.13
Junio	53.70	8.10	0.04	Junio	53.70	8.00	0.04	Junio	53.70	8.10	0.04
Julio	53.10	7.80	0.04	Julio	53.10	7.70	0.04	Julio	53.10	7.90	0.04
Agosto	41.60	3.60	0.02	Agosto	41.60	3.50	0.02	Agosto	41.60	3.60	0.02
Set.	52.40	7.60	0.04	Set.	52.40	7.50	0.04	Set.	52.40	7.60	0.04
Oct.	66.90	14.40	0.07	Oct.	66.90	14.30	0.07	Oct.	66.90	14.50	0.07
Nov.	64.90	13.40	0.07	Nov.	64.90	13.20	0.07	Nov.	64.90	13.50	0.07
Dic.	67.00	14.50	0.07	Dic.	67.00	14.30	0.07	Dic.	67.00	14.60	0.07
<b>TOTAL</b>	<b>822.26</b>	<b>194.10</b>	<b>0.96</b>	<b>TOTAL</b>	<b>822.26</b>	<b>192.30</b>	<b>0.95</b>	<b>TOTAL</b>	<b>822.26</b>	<b>195.10</b>	<b>0.95</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.

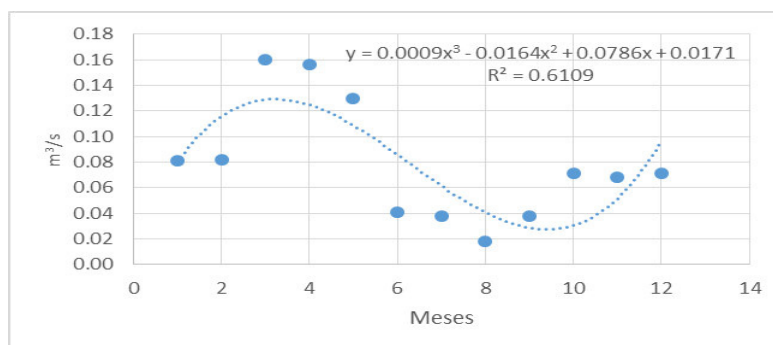
Para poder evaluar el patrón del comportamiento anual de los caudales se ha recurrido al análisis de regresión usando Excel versión 2010, siendo el grado de asociación de tipo no lineal. El modelo que mejor explica la relación entre las variables (mes, caudal), luego de realizar el diagrama de dispersión, viene dado por la ecuación polinómica de orden 3, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) promedio para los tres años de 0.6, es decir, se explica el 60% del comportamiento de las variables. En las figuras 22, 23 y 24, se observa el gráfico de la ecuación de regresión polinómica (mes, caudal) para los años 1898, 200 y 2007 respectivamente. El patrón, en todos los años, sigue la misma tendencia, de ser así se espera que para los años recientes el comportamiento sea similar, siendo la disminución de caudal la característica esencial.



**Figura 22. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuencia Tesoro – 1989. Elaboración Propia.**



**Figura 23. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuencia Tesoro – 2000. Elaboración Propia.**



**Figura 24. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuencia Tesoro – 2007. Elaboración Propia.**

### **Intercuencia Tomaque**

En el cuadro 15, se muestra los resultados obtenidos del caudal promedio mensual en la Intercuencia Tomaque. Se observa, para todos los años, que los mayores caudales totales anuales se registran entre los meses de marzo hasta mayo; y los menores, entre los

meses de junio hasta agosto. El caudal total anual se mantiene continuo para los tres años, registrando un valor de  $2.38 \text{ m}^3/\text{s}$ .

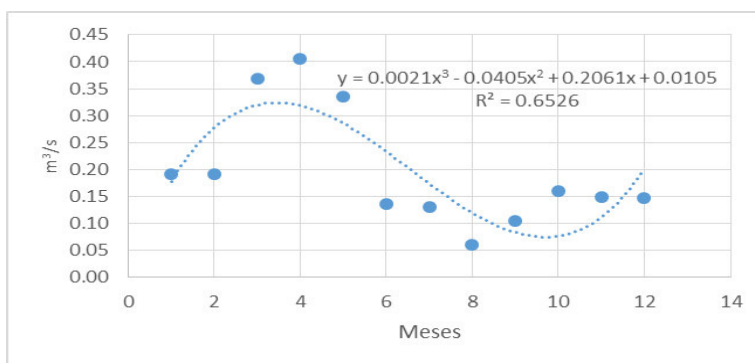
**Cuadro 15. Caudal promedio mensual y total anual - Intercuenca Tomaque.**

1989				2000				2007			
<u>Intercuenca Tomaque</u>				<u>Intercuenca Tomaque</u>				<u>Intercuenca Tomaque</u>			
CN = 73.43				CN = 73.43				CN = 73.43			
Área = 17.14 Km <sup>2</sup>				Área = 17.14 Km <sup>2</sup>				Área = 17.14 Km <sup>2</sup>			
Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Enero	87.80	29.90	0.19	Enero	87.80	29.90	0.19	Enero	87.80	29.90	0.19
Feb.	83.60	27.10	0.19	Feb.	83.60	27.10	0.19	Feb.	83.60	27.10	0.19
Marzo	125.60	57.70	0.37	Marzo	125.60	57.70	0.37	Marzo	125.60	57.70	0.37
Abril	130.00	61.20	0.41	Abril	130.00	61.20	0.41	Abril	130.00	61.20	0.41
Mayo	118.80	52.40	0.34	Mayo	118.80	52.40	0.34	Mayo	118.80	52.40	0.34
Junio	73.20	20.50	0.14	Junio	73.20	20.50	0.14	Junio	73.20	20.50	0.14
Julio	73.00	20.40	0.13	Julio	73.00	20.40	0.13	Julio	73.00	20.40	0.13
Agosto	52.90	9.40	0.06	Agosto	52.90	9.40	0.06	Agosto	52.90	9.40	0.06
Set.	65.30	15.80	0.10	Set.	65.30	15.80	0.10	Set.	65.30	15.80	0.10
Oct.	80.40	25.00	0.16	Oct.	80.40	25.00	0.16	Oct.	80.40	25.00	0.16
Nov.	76.50	22.50	0.15	Nov.	76.50	22.50	0.15	Nov.	76.50	22.50	0.15
Dic.	77.20	23.00	0.15	Dic.	77.20	23.00	0.15	Dic.	77.20	23.00	0.15
<b>TOTAL</b>	<b>1044.10</b>	<b>364.90</b>	<b>2.38</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1044.10</b>	<b>364.90</b>	<b>2.38</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1044.10</b>	<b>364.90</b>	<b>2.38</b>

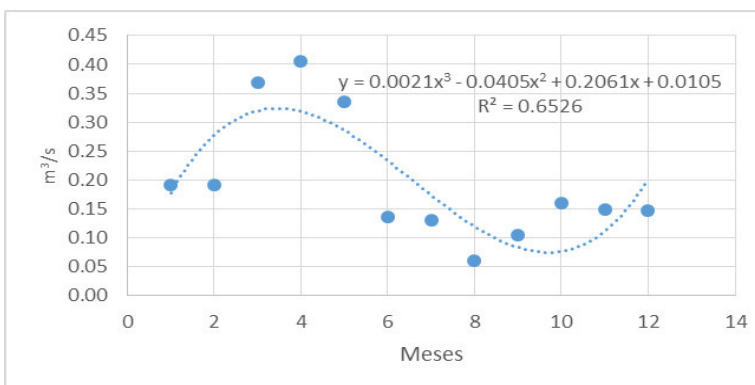
Fuente: Elaboración Propia.

Para poder evaluar el patrón del comportamiento anual de los caudales se ha recurrido al análisis de regresión usando Excel versión 2010, siendo el grado de asociación de tipo no lineal. El modelo que mejor explica la relación entre las variables (mes, caudal), luego de realizar el diagrama de dispersión, viene dado por la ecuación polinómica de orden 3, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) promedio para los tres años de 0.7, es decir, se explica el 70% del comportamiento de las variables. En las figuras 25, 26 y 27, se

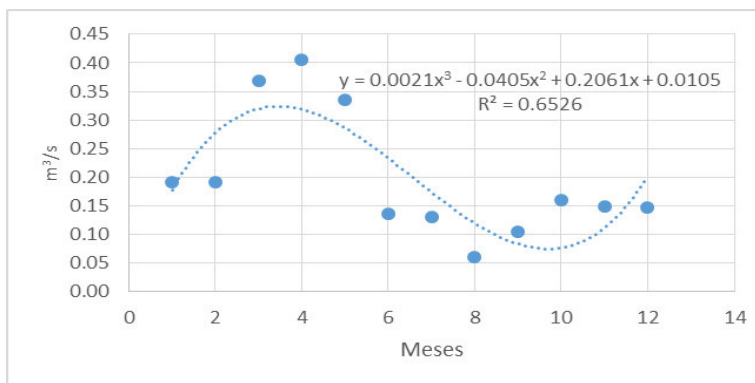
observa el gráfico de la ecuación de regresión polinómica (mes, caudal) para los años 1898, 200 y 2007 respectivamente. El patrón, en todos los años, sigue la misma tendencia, de ser así se espera que para los años recientes el comportamiento sea similar, manteniéndose los niveles de caudal.



**Figura 25. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Tomaque – 1899. Elaboración Propia.**



**Figura 26. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Tomaque – 2000. Elaboración Propia.**



**Figura 27. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Tomaque – 2007. Elaboración Propia.**

### **Intercuenca Vigilancia**

En el cuadro 16, se muestra los resultados obtenidos del caudal promedio mensual en la Intercuenca Vigilancia. Se observa, para todos los años, que los mayores caudales totales anuales se registran entre los meses de marzo hasta mayo; y los menores, entre los meses de junio a setiembre. El caudal total anual se mantiene continuo para los tres años, registrando un valor de 2.0 m<sup>3</sup>/s.

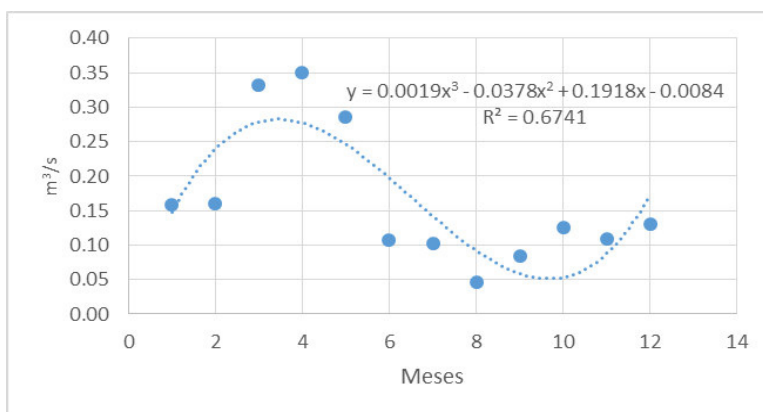
**Cuadro 16. Caudal promedio mensual y total anual - Intercuenca Vigilancia.**

1989 <u>Intercuenca Vigilancia</u>				2000 <u>Intercuenca Vigilancia</u>				2007 <u>Intercuenca Vigilancia</u>			
CN =	72.35			CN =	72.35			CN =	72.35		
Área =	18.22	Km <sup>2</sup>		Área =	18.22	Km <sup>2</sup>		Área =	18.22	Km <sup>2</sup>	

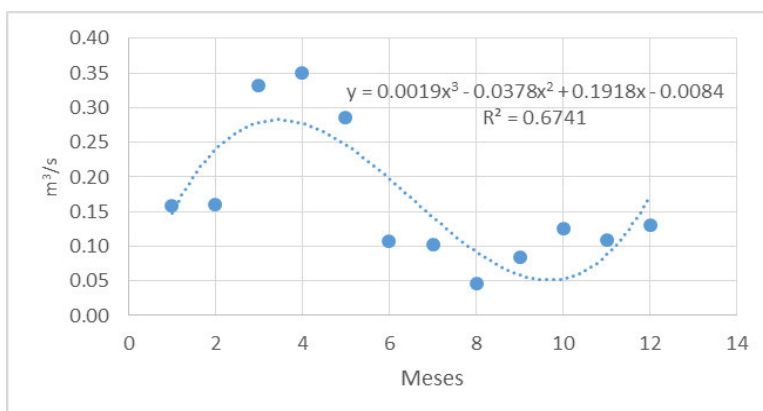
Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Enero	80.10	23.40	0.16	Enero	80.10	23.40	0.16	Enero	80.10	23.40	0.16
Feb.	76.60	21.20	0.16	Feb.	76.60	21.20	0.16	Feb.	76.60	21.20	0.16
Marzo	116.80	48.80	0.33	Marzo	116.80	48.80	0.33	Marzo	116.80	48.80	0.33
Abril	118.20	49.90	0.35	Abril	118.20	49.90	0.35	Abril	118.20	49.90	0.35
Mayo	107.60	42.00	0.29	Mayo	107.60	42.00	0.29	Mayo	107.60	42.00	0.29
Junio	66.50	15.40	0.11	Junio	66.50	15.40	0.11	Junio	66.50	15.40	0.11
Julio	66.10	15.10	0.10	Julio	66.10	15.10	0.10	Julio	66.10	15.10	0.10
Agosto	48.80	6.80	0.05	Agosto	48.80	6.80	0.05	Agosto	48.80	6.80	0.05
Set.	60.10	12.00	0.08	Set.	60.10	12.00	0.08	Set.	60.10	12.00	0.08
Oct.	72.00	18.50	0.13	Oct.	72.00	18.50	0.13	Oct.	72.00	18.50	0.13
Nov.	66.70	15.50	0.11	Nov.	66.70	15.50	0.11	Nov.	66.70	15.50	0.11
Dic.	73.30	19.30	0.13	Dic.	73.30	19.30	0.13	Dic.	73.30	19.30	0.13
<b>TOTAL</b>	<b>952.89</b>	<b>287.90</b>	<b>2.00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>952.89</b>	<b>287.90</b>	<b>2.00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>952.89</b>	<b>287.90</b>	<b>2.00</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.

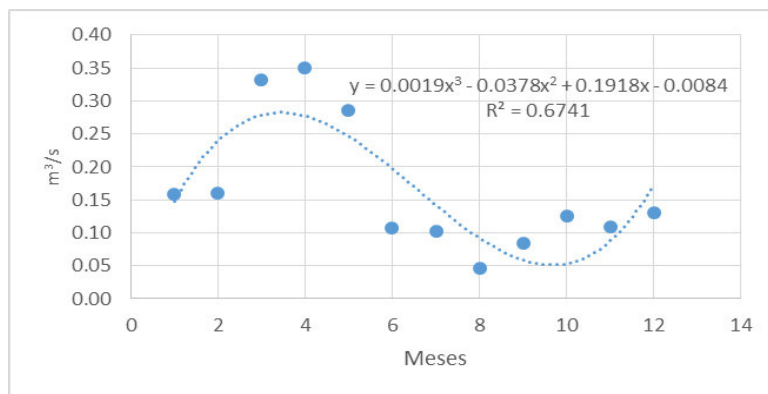
Para poder evaluar el patrón del comportamiento anual de los caudales se ha recurrido al análisis de regresión usando Excel versión 2010, siendo el grado de asociación de tipo no lineal. El modelo que mejor explica la relación entre las variables (mes, caudal), luego de realizar el diagrama de dispersión, viene dado por la ecuación polinómica de orden 3, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) promedio para los tres años de 0.7, es decir, se explica el 70% del comportamiento de las variables. En las figuras 28, 29 y 30, se observa el gráfico de la ecuación de regresión polinómica (mes, caudal) para los años 1989, 2000 y 2007 respectivamente. El patrón, en todos los años, sigue la misma tendencia, de ser así se espera que para los años recientes el comportamiento sea similar, manteniéndose los niveles de caudal.



**Figura 28. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Vigilancia – 1989. Elaboración Propia.**



**Figura 29. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Vigilancia – 2000. Elaboración Propia.**



**Figura 30. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Intercuenca Vigilancia – 2007. Elaboración Propia.**

### **Microcuenca Copallín**

En el cuadro 17, se muestra los resultados obtenidos del caudal promedio mensual en la Microcuenca Copallín. Se observa, para todos los años, que los mayores caudales totales anuales se registran entre los meses de marzo hasta mayo; y los menores, entre los meses de junio a setiembre. El mayor caudal total anual se registra en el año 1989 (16.10 m³/s), para el año 2000 el caudal disminuye en 0.04 m³/s (16.06 m³/s) y para el año 2007 el caudal se mantiene en 16.06 m³/s. En términos generales, si comparamos los años 1989 y 2007, se observa que el caudal ha disminuido 0.04 m³/s.



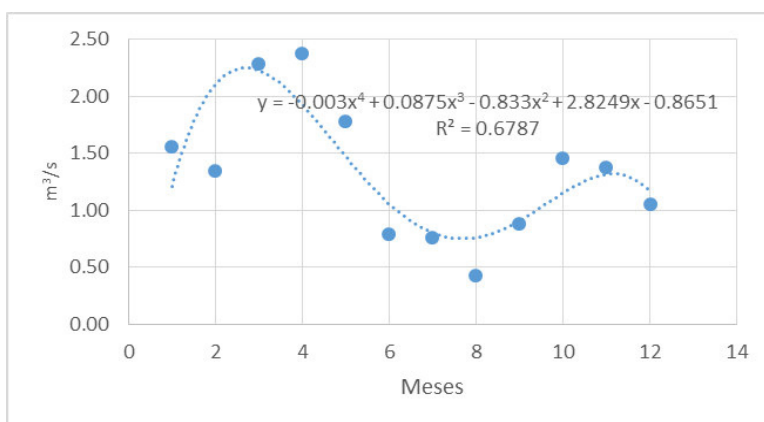
**Cuadro 17. Caudal promedio mensual y total anual - Microcuenca Copallín.**

1989				2000				2007			
<u>Microcuenca Copallín</u>				<u>Microcuenca Copallín</u>				<u>Microcuenca Copallín</u>			
CN = 74.39				CN = 74.39				CN = 74.39			
Área = 110.68 Km <sup>2</sup>				Área = 110.68 Km <sup>2</sup>				Área = 110.68 Km <sup>2</sup>			
Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Enero	96.60	37.60	1.55	Enero	96.60	37.50	1.55	Enero	96.60	37.50	1.55
Feb.	85.10	29.50	1.35	Feb.	85.10	29.40	1.35	Feb.	85.10	29.40	1.35
Marzo	120.10	55.40	2.29	Marzo	120.10	55.20	2.28	Marzo	120.10	55.20	2.28
Abril	120.50	55.70	2.38	Abril	120.50	55.60	2.37	Abril	120.50	55.60	2.37
Mayo	104.30	43.20	1.79	Mayo	104.30	43.10	1.78	Mayo	104.30	43.10	1.78
Junio	68.10	18.50	0.79	Junio	68.10	18.50	0.79	Junio	68.10	18.50	0.79
Julio	68.00	18.50	0.76	Julio	68.00	18.40	0.76	Julio	68.00	18.40	0.76
Agosto	53.10	10.30	0.43	Agosto	53.10	10.30	0.43	Agosto	53.10	10.30	0.43
Set.	71.70	20.70	0.88	Set.	71.70	20.70	0.88	Set.	71.70	20.70	0.88
Oct.	93.50	35.30	1.46	Oct.	93.50	35.20	1.46	Oct.	93.50	35.20	1.46
Nov.	89.00	32.20	1.38	Nov.	89.00	32.10	1.37	Nov.	89.00	32.10	1.37
Dic.	79.00	25.40	1.05	Dic.	79.00	25.30	1.05	Dic.	79.00	25.30	1.05
<b>TOTAL</b>	<b>1048.90</b>	<b>382.30</b>	<b>16.10</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1048.90</b>	<b>381.30</b>	<b>16.06</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1048.90</b>	<b>381.30</b>	<b>16.06</b>

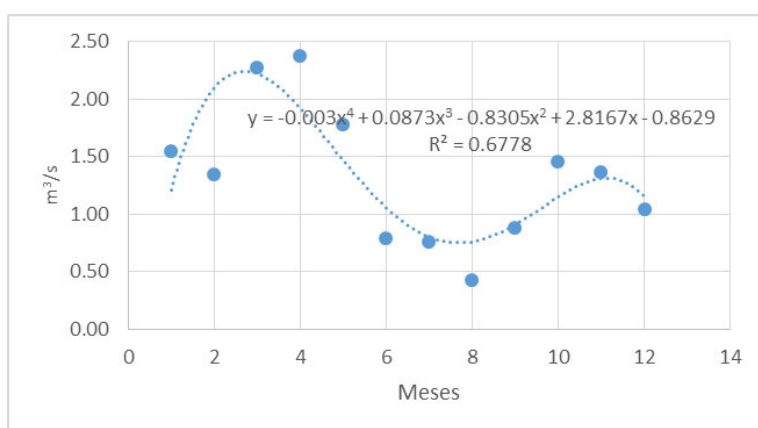
*Fuente.* Elaboración Propia.

Para poder evaluar el patrón del comportamiento anual de los caudales se ha recurrido al análisis de regresión usando Excel versión 2010, siendo el grado de asociación de tipo no lineal. El modelo que mejor explica la relación entre las variables (mes, caudal), luego de realizar el diagrama de dispersión, viene dado por la ecuación polinómica de orden 4, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) promedio para los tres años de 0.7, es decir, se explica el 70% del comportamiento de las variables. En las figuras 31, 32 y 33, se observa el gráfico de la ecuación de regresión polinómica (mes, caudal) para los años 1898, 200 y 2007 respectivamente. El patrón, en todos los años, sigue la misma tendencia, de ser así se espera que

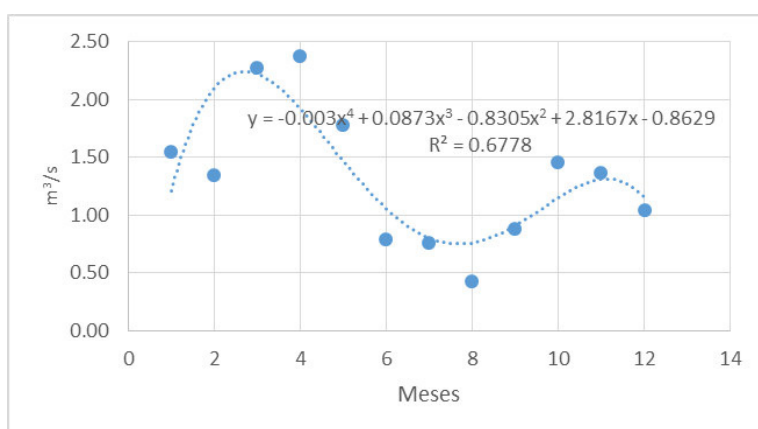
para los años recientes el comportamiento sea similar, siendo la disminución de caudal la característica esencial.



**Figura 31. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Copallín – 1989. Elaboración Propia.**



**Figura 32. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Copallín – 2000. Elaboración Propia.**



**Figura 33. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Copallín – 2007. Elaboración Propia.**

### **Microcuenca El Ron**

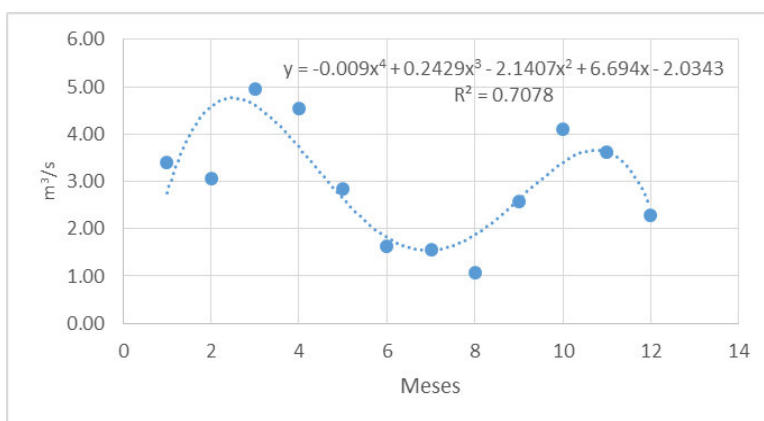
En el cuadro 18, se muestra los resultados obtenidos del caudal promedio mensual en la Microcuenca El Ron. Se observa, para todos los años, que los mayores caudales totales anuales se registran entre los meses de marzo hasta mayo; y los menores, entre los meses de junio a setiembre. El mayor caudal total anual se registra en el año 1989 (35.66 m<sup>3</sup>/s), para el año 2000 el caudal disminuye en 1.35 m<sup>3</sup>/s (34.31 m<sup>3</sup>/s) y para el año 2007 el caudal aumenta en 0.54 (34.85 m<sup>3</sup>/s). En términos generales, si comparamos los años 1989 y 2007, se observa que el caudal ha disminuido 0.81m<sup>3</sup>/s.

**Cuadro 18. Caudal promedio mensual y total anual - Microcuenca El Ron.**

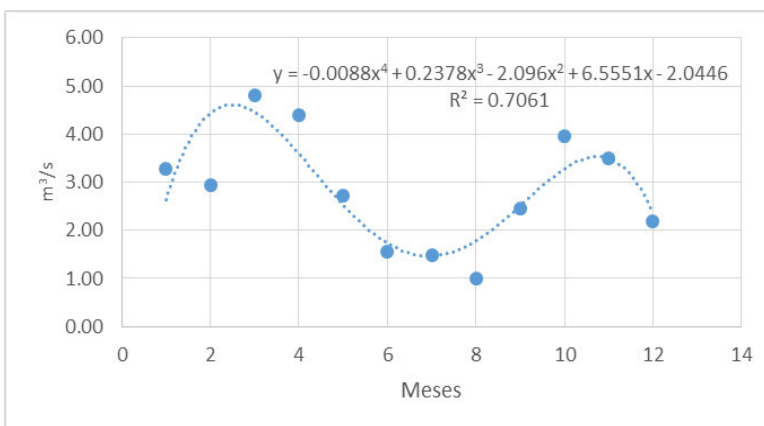
1989				2000				2007			
<u>Microcuenca El Ron</u>				<u>Microcuenca El Ron</u>				<u>Microcuenca El Ron</u>			
CN = 77.14				CN = 77.14				CN = 77.14			
Área = 215.63 Km2				Área = 215.63 Km2				Área = 215.63 Km2			
Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m3/s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m3/s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m3/s)
Enero	96.40	42.30	3.41	Enero	96.40	40.80	3.29	Enero	96.40	41.40	3.33
Feb.	86.00	34.40	3.07	Feb.	86.00	33.00	2.94	Feb.	86.00	33.60	3.00
Marzo	120.60	61.60	4.96	Marzo	120.60	59.80	4.81	Marzo	120.60	60.50	4.87
Abril	111.90	54.50	4.53	Abril	111.90	52.80	4.39	Abril	111.90	53.50	4.45
Mayo	87.00	35.20	2.83	Mayo	87.00	33.80	2.72	Mayo	87.00	34.30	2.76
Junio	64.50	19.60	1.63	Junio	64.50	18.60	1.55	Junio	64.50	19.00	1.58
Julio	64.10	19.40	1.56	Julio	64.10	18.40	1.48	Julio	64.10	18.80	1.51
Agosto	54.00	13.30	1.07	Agosto	54.00	12.50	1.01	Agosto	54.00	12.80	1.03
Set.	81.10	30.90	2.57	Set.	81.10	29.60	2.46	Set.	81.10	30.10	2.50
Oct.	107.50	51.00	4.11	Oct.	107.50	49.30	3.97	Oct.	107.50	50.00	4.03
Nov.	98.20	43.60	3.63	Nov.	98.20	42.10	3.50	Nov.	98.20	42.70	3.55
Dic.	77.70	28.50	2.29	Dic.	77.70	27.20	2.19	Dic.	77.70	27.70	2.23
<b>TOTAL</b>	<b>1048.90</b>	<b>434.30</b>	<b>35.66</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1048.90</b>	<b>417.90</b>	<b>34.31</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1048.90</b>	<b>424.40</b>	<b>34.85</b>

*Fuente. Elaboración Propia.*

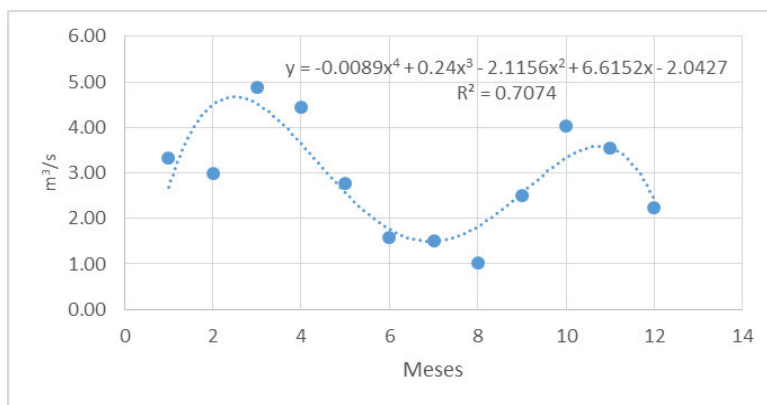
Para poder evaluar el patrón del comportamiento anual de los caudales se ha recurrido al análisis de regresión usando Excel versión 2010, siendo el grado de asociación de tipo no lineal. El modelo que mejor explica la relación entre las variables (mes, caudal), luego de realizar el diagrama de dispersión, viene dado por la ecuación polinómica de orden 4, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) promedio para los tres años de 0.7, es decir, se explica el 70% del comportamiento de las variables. En las figuras 34, 35 y 36, se observa el gráfico de la ecuación de regresión polinómica (mes, caudal) para los años 1898, 200 y 2007 respectivamente. El patrón, en todos los años, sigue la misma tendencia, de ser así se espera que para los años recientes el comportamiento sea similar, siendo la disminución de caudal la característica esencial.



**Figura 34. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca El Ron – 1989. Elaboración Propia.**



**Figura 35. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca El Ron – 2000. Elaboración Propia.**



**Figura 36. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca El Ron – 2007. Elaboración Propia.**

### **Microcuenca Naranjitos**

En el cuadro 19, se muestra los resultados obtenidos del caudal promedio mensual en la Microcuenca Naranjitos. Se observa, para todos los años, que los mayores caudales totales anuales se registran en los meses de marzo - abril; y los menores, entre los meses de junio - agosto. El mayor caudal total anual se registra en el año 1989 (18.24 m³/s), para el año 2000 el caudal disminuye en 1.23 m³/s (17.02 m³/s) y para el año 2007 el caudal aumenta en 0.22 (17.24 m³/s). En términos generales, si comparamos los años 1989 y 2007, se observa que el caudal ha disminuido 1.00 m³/s.

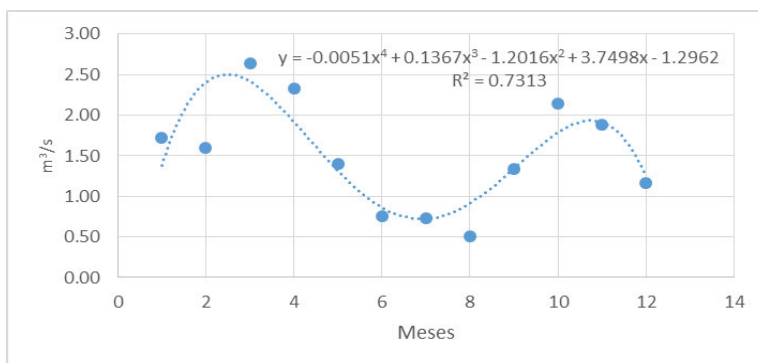
**Cuadro 19. Caudal promedio mensual y total anual - Microcuenca Naranjitos.**

1989				2000				2007			
<u>Microcuenca Naranjitos</u>				<u>Microcuenca Naranjitos</u>				<u>Microcuenca Naranjitos</u>			
CN = 77.95				CN = 77.95				CN = 77.95			
Área = 113.11 Km <sup>2</sup>				Área = 113.11 Km <sup>2</sup>				Área = 113.11 Km <sup>2</sup>			
Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Enero	92.60	40.80	1.72	Enero	92.60	38.20	1.61	Enero	92.60	38.70	1.63
Feb.	84.00	34.20	1.60	Feb.	84.00	31.80	1.49	Feb.	84.00	32.30	1.51
Marzo	119.60	62.50	2.64	Marzo	119.60	59.30	2.50	Marzo	119.60	59.90	2.53
Abril	108.70	53.50	2.34	Abril	108.70	50.50	2.20	Abril	108.70	51.10	2.23
Mayo	82.40	33.10	1.40	Mayo	82.40	30.70	1.30	Mayo	82.40	31.10	1.31
Junio	59.40	17.40	0.76	Junio	59.40	15.70	0.69	Junio	59.40	16.00	0.70
Julio	59.30	17.30	0.73	Julio	59.30	15.60	0.66	Julio	59.30	15.90	0.67
Agosto	50.50	12.10	0.51	Agosto	50.50	10.70	0.45	Agosto	50.50	11.00	0.47
Set.	79.10	30.70	1.34	Set.	79.10	28.40	1.24	Set.	79.10	28.80	1.26
Oct.	105.50	50.90	2.15	Oct.	105.50	48.00	2.03	Oct.	105.50	48.50	2.05
Nov.	95.70	43.20	1.89	Nov.	95.70	40.50	1.77	Nov.	95.70	41.00	1.79
Dic.	75.00	27.70	1.17	Dic.	75.00	25.60	1.08	Dic.	75.00	26.00	1.10
<b>TOTAL</b>	<b>1011.70</b>	<b>423.40</b>	<b>18.24</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1011.70</b>	<b>395.00</b>	<b>17.02</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1011.70</b>	<b>400.30</b>	<b>17.24</b>

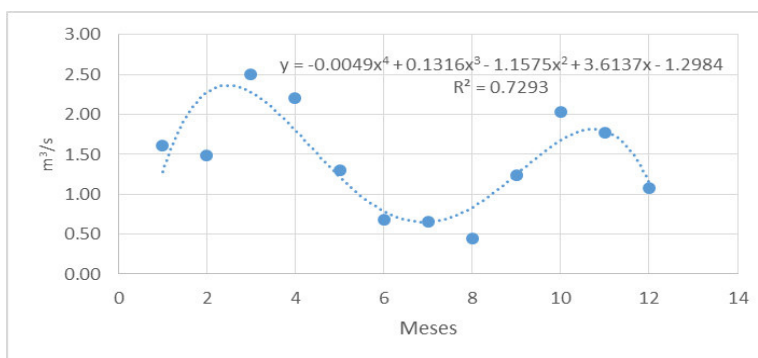
*Fuente. Elaboración Propia.*

Para poder evaluar el patrón del comportamiento anual de los caudales se ha recurrido al análisis de regresión usando Excel versión 2010, siendo el grado de asociación de tipo no lineal. El modelo que mejor explica la relación entre las variables (mes, caudal), luego de realizar el diagrama de dispersión, viene dado por la ecuación polinómica de orden 4, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) promedio para los tres años de 0.7, es decir, se explica el 70% del

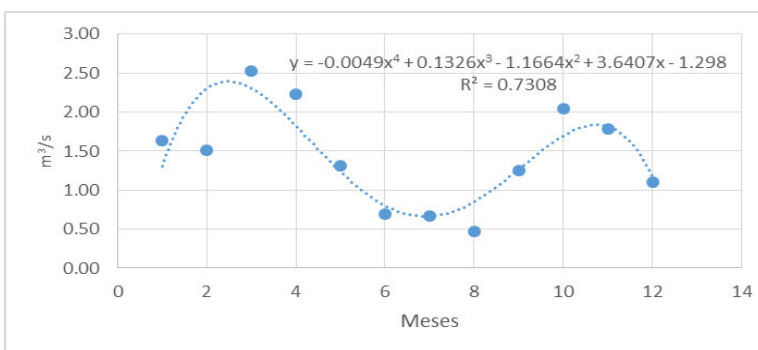
comportamiento de las variables. En las figuras 37, 38 y 39, se observa el gráfico de la ecuación de regresión polinómica (mes, caudal) para los años 1898, 200 y 2007 respectivamente. El patrón, en todos los años, sigue la misma tendencia, de ser así se espera que para los años recientes el comportamiento sea similar, siendo la disminución de caudal la característica esencial.



**Figura 37. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Naranjitos – 1898. Elaboración Propia.**



**Figura 38. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Naranjitos – 2000. Elaboración Propia.**



**Figura 39. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Naranjitos – 2007. Elaboración Propia.**

### **Microcuenca Naranjos**

En el cuadro 20, se muestra los resultados obtenidos del caudal promedio mensual en la Microcuenca Naranjos. Se observa, para todos los años, que los mayores caudales totales anuales se registran en los meses de marzo a mayo; y los menores, entre los meses de junio - agosto. El mayor caudal total anual se registra en el año 1989 (21.26 m<sup>3</sup>/s), para el año 2000 el caudal disminuye en 0.45 m<sup>3</sup>/s (20.81 m<sup>3</sup>/s) y para el año 2007 el caudal incrementa en 0.20 (21.01m<sup>3</sup>/s). En términos generales, si comparamos los años 1989 y 2007, se observa que el caudal ha disminuido 0.25 m<sup>3</sup>/s.

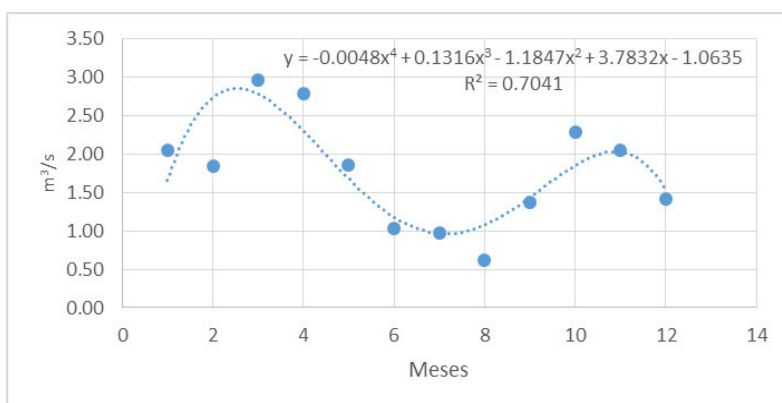
**Cuadro 20. Caudal promedio mensual y total anual - Microcuenca Naranjos.**

1989				2000				2007			
<u>Microcuenca Naranjos</u>				<u>Microcuenca Naranjos</u>				<u>Microcuenca Naranjos</u>			
CN = 76.27				CN = 76.27				CN = 76.27			
Área = 133.66 Km <sup>2</sup>				Área = 133.66 Km <sup>2</sup>				Área = 133.66 Km <sup>2</sup>			
Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Enero	96.90	41.10	2.05	Enero	96.90	40.30	2.01	Enero	96.90	40.60	2.03
Feb.	86.50	33.40	1.85	Feb.	86.50	32.60	1.80	Feb.	86.50	33.00	1.82
Marzo	120.20	59.40	2.96	Marzo	120.20	58.40	2.91	Marzo	120.20	58.80	2.93
Abril	113.50	54.00	2.79	Abril	113.50	53.10	2.74	Abril	113.50	53.50	2.76
Mayo	91.90	37.30	1.86	Mayo	91.90	36.50	1.82	Mayo	91.90	36.90	1.84
Junio	66.60	19.90	1.03	Junio	66.60	19.30	1.00	Junio	66.60	19.60	1.01
Julio	66.20	19.60	0.98	Julio	66.20	19.10	0.95	Julio	66.20	19.30	0.96
Agosto	54.10	12.50	0.62	Agosto	54.10	12.10	0.60	Agosto	54.10	12.30	0.61
Set.	76.90	26.60	1.37	Set.	76.90	26.00	1.34	Set.	76.90	26.30	1.36
Oct.	102.90	45.70	2.28	Oct.	102.90	44.80	2.24	Oct.	102.90	45.20	2.26
Nov.	95.20	39.80	2.05	Nov.	95.20	39.00	2.01	Nov.	95.20	39.30	2.03
Dic.	79.60	28.50	1.42	Dic.	79.60	27.80	1.39	Dic.	79.60	28.10	1.40
<b>TOTAL</b>	<b>1050.60</b>	<b>417.80</b>	<b>21.26</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1050.60</b>	<b>409.00</b>	<b>20.81</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1050.60</b>	<b>412.90</b>	<b>21.01</b>

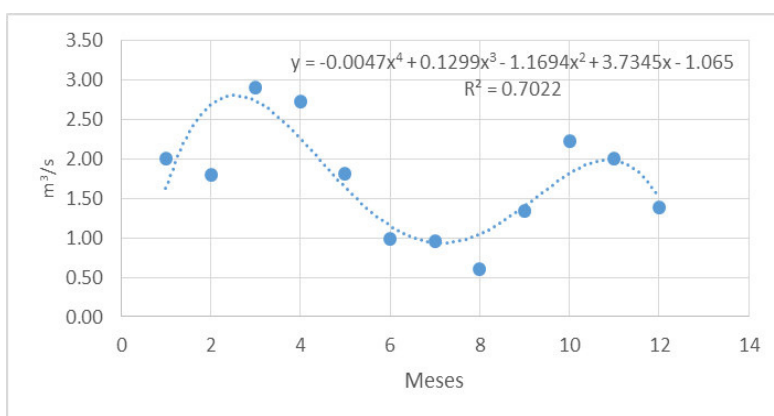
*Fuente.* Elaboración Propia.



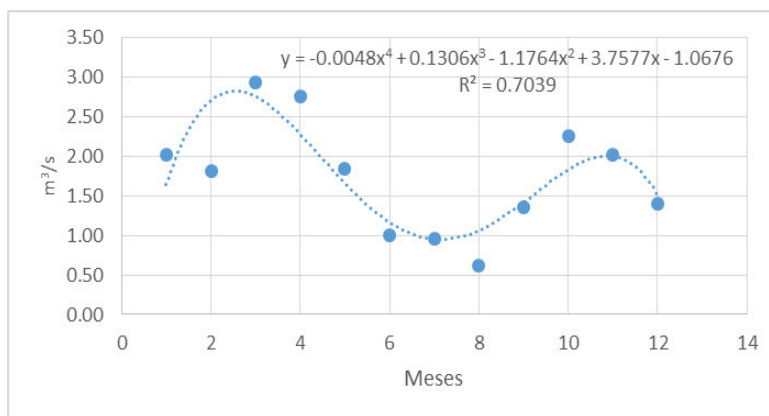
Para poder evaluar el patrón del comportamiento anual de los caudales se ha recurrido al análisis de regresión usando Excel versión 2010, siendo el grado de asociación de tipo no lineal. El modelo que mejor explica la relación entre las variables (mes, caudal), luego de realizar el diagrama de dispersión, viene dado por la ecuación polinómica de orden 4, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) promedio para los tres años de 0.7, es decir, se explica el 70% del comportamiento de las variables. En las figuras 40, 41 y 42, se observa el gráfico de la ecuación de regresión polinómica (mes, caudal) para los años 1898, 200 y 2007 respectivamente. El patrón, en todos los años, sigue la misma tendencia, de ser así se espera que para los años recientes el comportamiento sea similar, siendo la disminución de caudal la característica esencial.



**Figura 40. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Naranjos – 1989. Elaboración Propia.**



**Figura 41. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Naranjos – 2000. Elaboración Propia.**



**Figura 42. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca Naranjos – 2007. Elaboración Propia.**

### **Microcuenca San Juan**

En el cuadro 21, se muestra los resultados obtenidos del caudal promedio mensual en la Microcuenca San Juan. Se observa, para todos los años, que los mayores caudales totales anuales se registran en los meses de marzo a mayo; y los menores, entre los meses de junio a setiembre. El mayor caudal total anual se registra en el año 1989 (10.48 m³/s), para el año 2000 el caudal disminuye en 0.01 m³/s (10.47 m³/s) y para el año 2007 el caudal disminuye en 0.02 (10.45 m³/s). En términos generales, si comparamos los años 1989 y 2007, se observa que el caudal ha disminuido 0.03 m³/s.

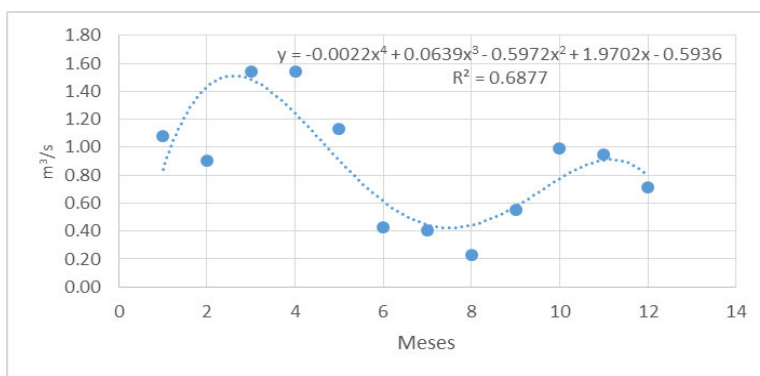
**Cuadro 21. Caudal promedio mensual y total anual - Microcuenca San Juan.**

1989				2000				2007			
<u>Microcuenca San Juan</u>				<u>Microcuenca San Juan</u>				<u>Microcuenca San Juan</u>			
CN = 73.48				CN = 73.48				CN = 73.48			
Área = 83.18 Km2				Área = 83.18 Km2				Área = 83.18 Km2			
Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m3/s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m3/s)	Mes	PP (mm)	Pe (mm)	Caudal (m3/s)
Enero	94.90	34.80	1.08	Enero	94.90	34.80	1.08	Enero	94.90	34.80	1.08
Feb.	82.30	26.20	0.90	Feb.	82.30	26.30	0.90	Feb.	82.30	26.30	0.90
Marzo	115.10	49.60	1.55	Marzo	115.10	49.70	1.54	Marzo	115.10	49.70	1.52
Abril	113.10	48.10	1.54	Abril	113.10	48.20	1.55	Abril	113.10	48.20	1.55
Mayo	97.30	36.50	1.13	Mayo	97.30	36.50	1.13	Mayo	97.30	36.50	1.13
Junio	60.40	13.20	0.42	Junio	60.40	13.20	0.42	Junio	60.40	13.20	0.42
Julio	60.10	13.10	0.41	Julio	60.10	13.10	0.41	Julio	60.10	13.10	0.41
Agosto	48.20	7.30	0.23	Agosto	48.20	7.40	0.23	Agosto	48.20	7.40	0.23
Set.	67.40	17.10	0.55	Set.	67.40	17.10	0.55	Set.	67.40	17.10	0.55
Oct.	90.70	31.90	0.99	Oct.	90.70	31.90	0.99	Oct.	90.70	31.90	0.99
Nov.	87.30	29.60	0.95	Nov.	87.30	29.60	0.95	Nov.	87.30	29.60	0.95
Dic.	77.40	23.10	0.73	Dic.	77.40	23.10	0.71	Dic.	77.40	23.10	0.72
<b>TOTAL</b>	<b>994.10</b>	<b>330.50</b>	<b>10.48</b>	<b>TOTAL</b>	<b>994.10</b>	<b>330.90</b>	<b>10.47</b>	<b>TOTAL</b>	<b>994.10</b>	<b>330.90</b>	<b>10.45</b>

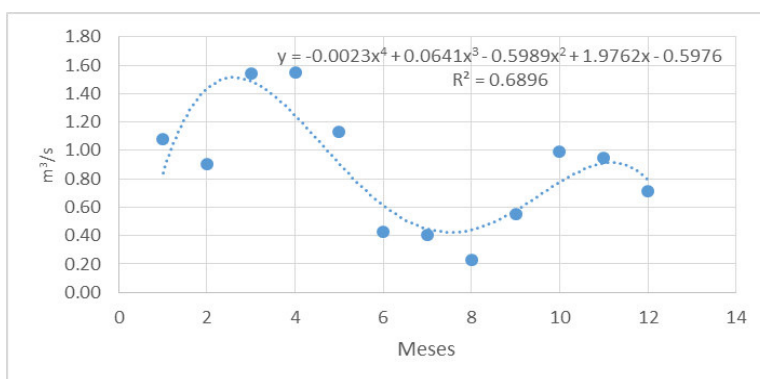
*Fuente.* Elaboración Propia.

Para poder evaluar el patrón del comportamiento anual de los caudales se ha recurrido al análisis de regresión usando Excel versión 2010, siendo el grado de asociación de tipo no lineal. El modelo que mejor explica la relación entre las variables (mes, caudal), luego de realizar el diagrama de dispersión, viene dado por la ecuación polinómica de orden 4, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) promedio para los tres años de 0.7, es decir, se explica el 70% del comportamiento de las variables. En las figuras 43, 44 y 45, se

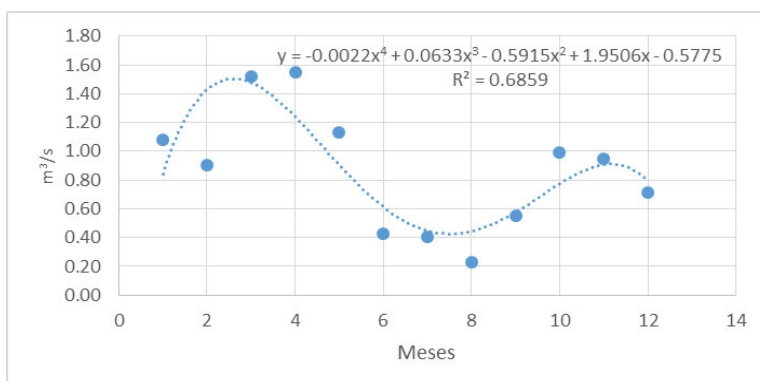
observa el gráfico de la ecuación de regresión polinómica (mes, caudal) para los años 1989, 2000 y 2007 respectivamente. El patrón, en todos los años, sigue la misma tendencia, de ser así se espera que para los años recientes el comportamiento sea similar, siendo la disminución de caudal la característica esencial.



**Figura 43. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca San Juan – 1989. Elaboración Propia.**



**Figura 44. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca San Juan – 2000. Elaboración Propia.**



**Figura 45. Gráfico de la ecuación de regresión polinómica Microcuenca San Juan – 2007. Elaboración Propia.**

El cuadro 22, muestra el resumen de la oferta hídrica anual, que constituye los caudales totales anuales, según intercuenca y microcuenca expresado en millones de metros cúbicos (MMC). La oferta hídrica anual registra una disminución de 3646.63 MMC en 1989 a 3578.52 MMC para el 2007. Las mayores ofertas se registran en la microcuenca El Ron, seguido por Naranjos, Naranjitos, Copallín, San Juan y en las intercuenas Vigilancia y Tesoro se registran las menores ofertas hídricas. La oferta hídrica anual que se concentra en el ámbito de investigación representa en promedio el 3.5% de la oferta hídrica del departamento de Amazonas (105 109.16 MMC).<sup>9</sup>

**Cuadro 22. Resumen de la oferta hídrica anual 1989 -2007.**

Nombre	Oferta Hídrica Anual (MMC)		
	1989	2000	2007
Intercuenca Agua Turbia	187.54	184.08	186.85
Intercuenca Chirimoyo	82.34	82.34	82.34
Intercuenca Tesoro	30.34	30.05	29.96
Intercuenca Tomaque	75.02	75.02	75.02
Intercuenca Vigilancia	62.91	62.91	62.91
Microcuenca Copallín	507.86	506.53	506.53
Microcuenca El Ron	1,124.57	1,082.00	1,098.93
Microcuenca Naranjitos	575.22	536.59	543.78
Microcuenca Naranjos	670.49	656.33	662.63
Microcuenca San Juan	330.34	330.24	329.55
<b>Total</b>	<b>3,646.63</b>	<b>3,546.10</b>	<b>3,578.52</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.

Nota: Se aplicó el factor de conversión (31536000) para transformar valores de m<sup>3</sup>/s a m<sup>3</sup> anuales y luego estos m<sup>3</sup> anuales fueron transformados a MMC (1000000).

El cuadro 23, muestra los valores de la oferta hídrica anual para cultivo de arroz. Inicialmente se ha determinado la oferta hídrica para uso agrícola, teniendo en consideración que el uso consuntivo del agua para fines agrícolas en la cuenca del Atlántico corresponde al 80% según reportes del Ministerio de Agricultura y Riego – Intendencia de Recursos Hídricos, tal como se muestra en la figura 2 del presente documento.

<sup>9</sup> Autoridad Nacional del Agua (2012). *Compendio de los Recursos Hídricos Superficiales de Amazonas*. Lima

Luego, se ha establecido una proporción en función de la superficie de cultivos de arroz respecto de la superficie destinada a usos agrícolas y de pastoreo. Finalmente la oferta hídrica anual para cultivo de arroz, resulta del producto de la oferta hídrica para uso agrícola y la proporción encontrada. Se puede apreciar una disminución de la oferta hídrica pasando de 442.83 MMC en 1989 a 435.80 MMC en el año 2007. Al igual que los caudales totales anuales (oferta hídrica anual), las mejores ofertas hídricas para cultivo de arroz se registran en la microcuenca El Ron, seguido por Naranjos, Naranjitos, Copallín, San Juan y en las intercuenas Tesoro y Chirimoyo se registran las ofertas hídricas más bajas.

**Cuadro 23. Oferta hídrica anual para cultivo de arroz 1989 -2007.**

Nombre	Oferta hídrica anual para uso agrícola (MMC)			Superficie de agricultura y pastos (Ha)				Oferta hídrica anual para cultivo de arroz (MMC)		
	1989	2000	2007	1989	2000	2007	Prop.	1989	2000	2007
Intercuenca Agua Turbia	150.04	147.26	149.48	5,368.83	5,413.02	5,412.66	0.20	29.71	29.16	29.60
Intercuenca Chirimoyo	65.87	65.87	65.87	897.82	897.82	897.82	0.05	3.11	3.11	3.11
Intercuenca Tesoro	24.27	24.04	23.97	1,259.83	1,246.18	1,246.18	0.47	11.39	11.29	11.25
Intercuenca Tomaque	60.02	60.02	60.02	1,018.80	1,018.80	1,018.80	0.30	18.12	18.12	18.12
Intercuenca Vigilancia	50.33	50.33	50.33	1,411.48	1,411.48	1,411.48	0.45	22.68	22.68	22.68
Microcuenca Copallín	406.28	405.22	405.22	6,648.75	6,727.07	6,728.16	0.13	51.86	51.73	51.73
Microcuenca El Ron	899.66	865.60	879.15	6,015.96	7,052.87	7,221.65	0.12	109.08	104.95	106.60
Microcuenca Naranjitos	460.17	429.27	435.02	2,398.84	3,567.97	3,929.67	0.11	50.22	46.85	47.48
Microcuenca Naranjos	536.39	525.06	530.11	5,229.62	5,549.53	5,595.79	0.21	113.31	110.92	111.98
Microcuenca San Juan	264.27	264.20	263.64	6,034.07	6,015.95	6,015.95	0.13	33.34	33.33	33.26
<b>TOTAL</b>	<b>2917.31</b>	<b>2836.88</b>	<b>2862.81</b>	<b>36284.03</b>	<b>38900.69</b>	<b>39478.18</b>	<b>2.16</b>	<b>442.83</b>	<b>432.13</b>	<b>435.80</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.

### 5.1.2 Análisis del proceso de deforestación

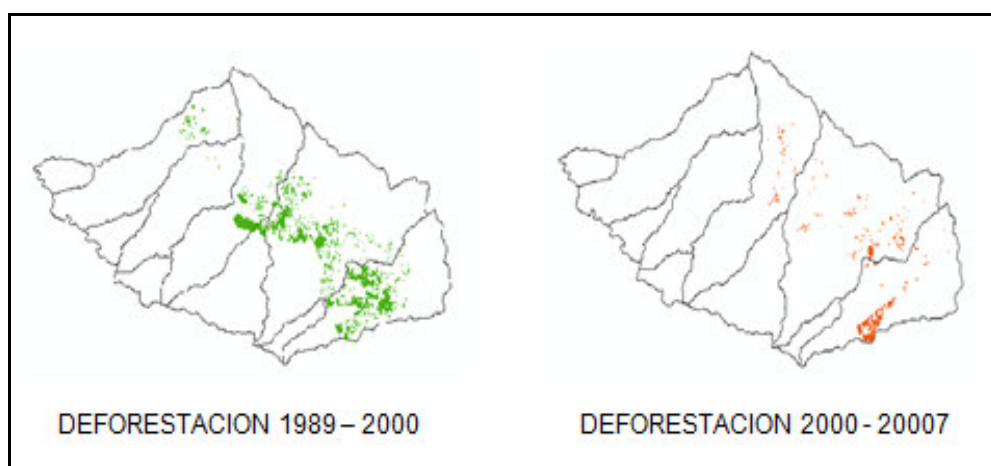
Para los fines de la investigación se entiende por deforestación a la pérdida y/o eliminación de la cobertura de bosque natural por el cambio de uso de la tierra.

En el ámbito de interés el proceso de deforestación se inicia con la quema /rozo de la cobertura forestal, provocado por la acción del hombre para la obtención de suelo con fines de expansión de la frontera agrícola o ganadera. Estas áreas son utilizadas de manera

parcial principalmente las que han sido afectadas por la quema, propiciando un proceso natural de recuperación de la cobertura vegetal. Es bastante común la conversión de bosque primario a pastos o tierras agrícolas destinadas a cultivos comerciales como el arroz, café, entre otros.

El análisis del proceso de deforestación se ha realizado considerando un análisis temporal para los años 1989 -2000 y 2007. Se ha realizado la cuantificación de la superficie deforestada, para ello se han diferenciado los cambios ocurridos en la cobertura y uso de la tierra para dos periodos, el periodo 1 (1989-2000) y el periodo 2 (2000-2007). Como resultado se tiene que la superficie deforestada ha disminuido significativamente en un 72.82% al 2007 respecto del año 1989. Además, la superficie de pajonales quemados, no registra evidencia al 2007.

Al analizar la dinámica del proceso de deforestación, se evidencia que la mayor presión se concentra en la cuenca media alta de las áreas de interés. A pesar de la disminución de la intensidad el avance se dirige hacia el Área de Conservación Privada Copallín, tal como se aprecia comparativamente en la figura 46.

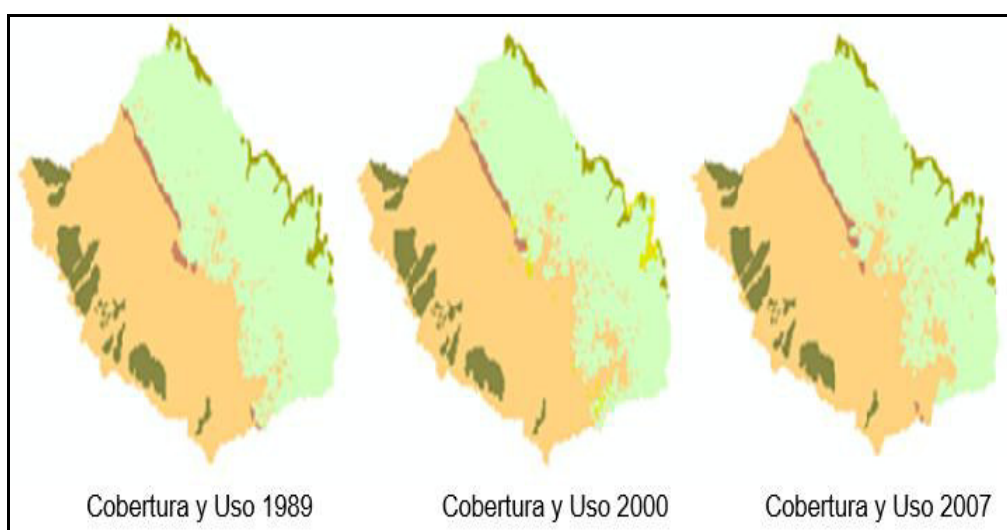


**Figura 46. Dinámica del proceso de deforestación según periodos. Elaboración Propia.**

De ser el caso que en los próximos años la dinámica responda a las mismas características, se pondría en riesgo este ecosistema de bosques montanos que abarcan el ACP Copallín. Sin embargo, la población actualmente es consciente de la importancia de la conservación de los recursos hídricos e incluso se están llevando a cabo los primeros acuerdos entre la Comunidad Campesina de Copallín, regantes de las quebradas importantes, y las principales autoridades locales y nacionales para impulsar compromisos y acciones concretas.

#### - ***Superficie deforestada***

Para cuantificar la superficie deforestada, se ha revisado y analizado la base gráfica y tabular de los mapas de cobertura y uso de la tierra elaborados en el año 2013 por Apeco, que cubren el ámbito del Santuario Nacional Cordillera de Colán, ámbito de estudio más amplio al de la presente investigación. Estos mapas fueron trabajados mediante análisis visual de fotografías aéreas e imágenes de satélite Landsat 5 (TM) y 7 (ETM+) para los años 1989 (Landsat TM), 2000 (Landsat TM) y 2007 (Landsat ETM), los que se muestran en la figura 47.



**Figura 47. Mapas de cobertura y uso. Adaptado de Análisis Histórico de deforestación. Apeco (2013).**



El procesamiento y análisis de la información, se realizó mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG), identificándose las unidades de cobertura a nivel de las intercuencas y microcuencas de interés por medio de la técnica de análisis visual; y en base al análisis de los cambios ocurridos se ha estimado la deforestación. Resultado de ello se elaboraron los mapas de cobertura y uso correspondientes al ámbito de investigación para los años 1989, 2000 y 2007, a escala 1:150 000, los que se muestran en las figuras 48, 49 y 50 respectivamente.

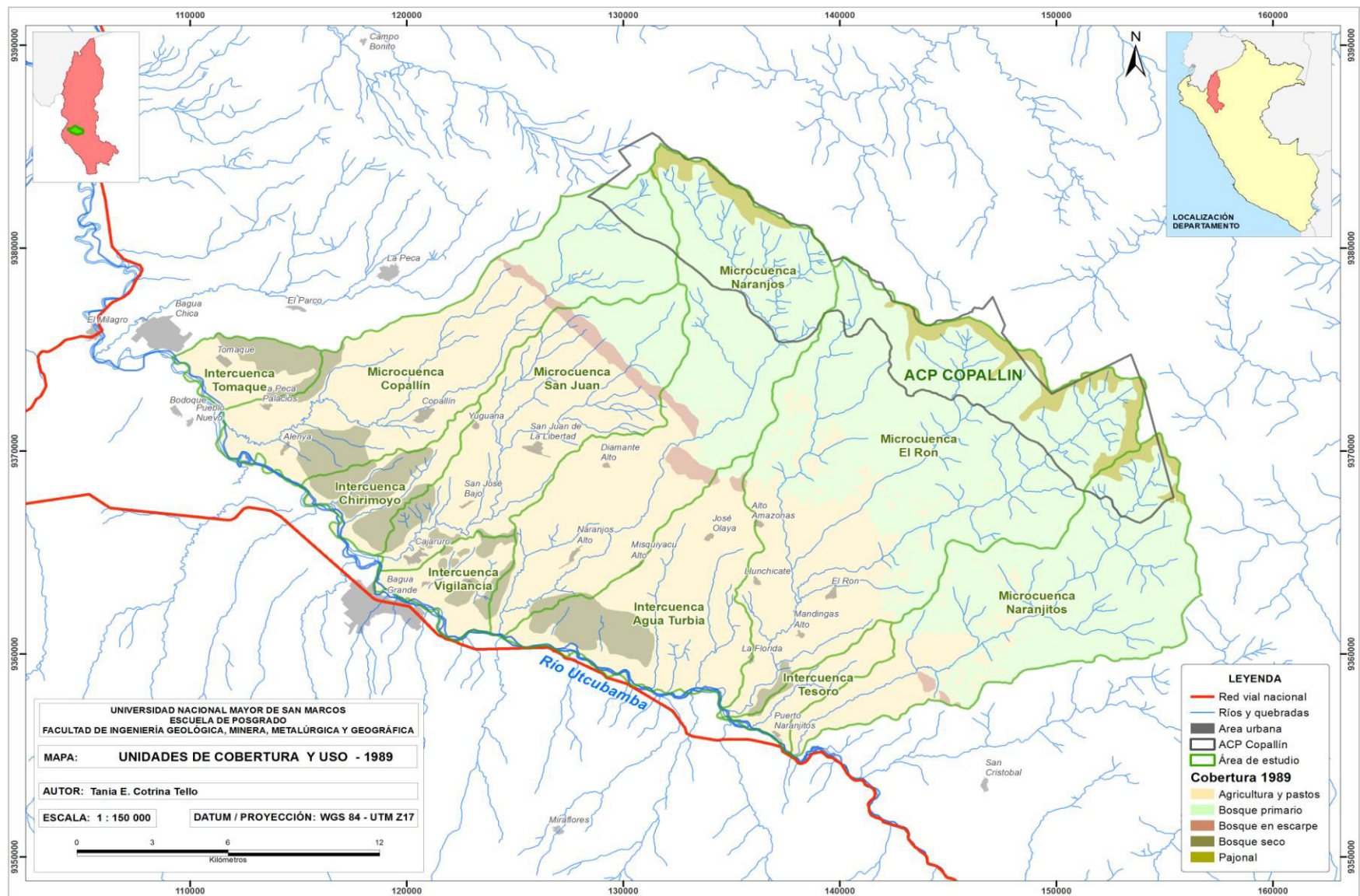


Figura 48. Mapa de cobertura y uso – 1989.

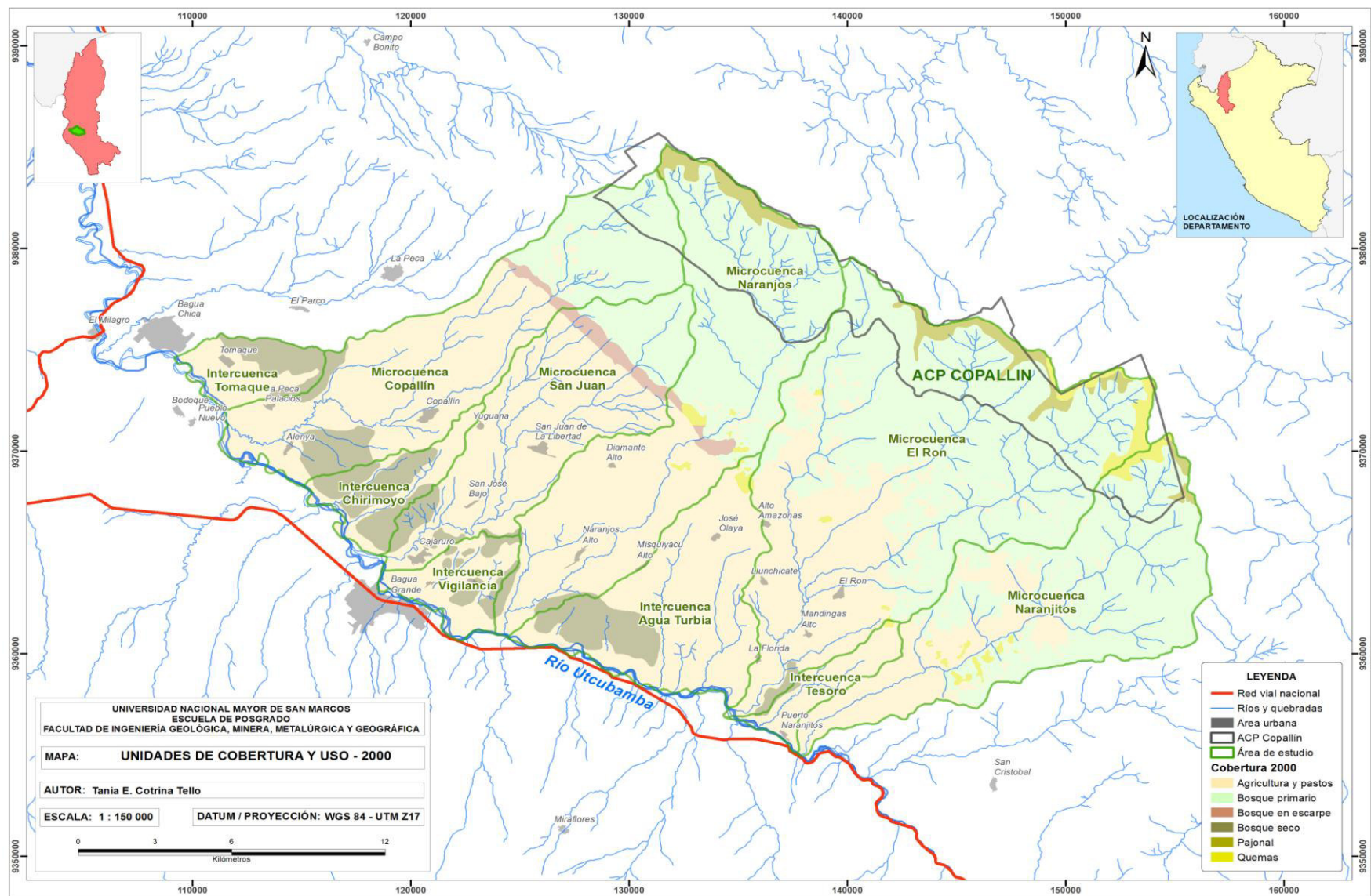


Figura 49. Mapa de cobertura y uso – 2000.



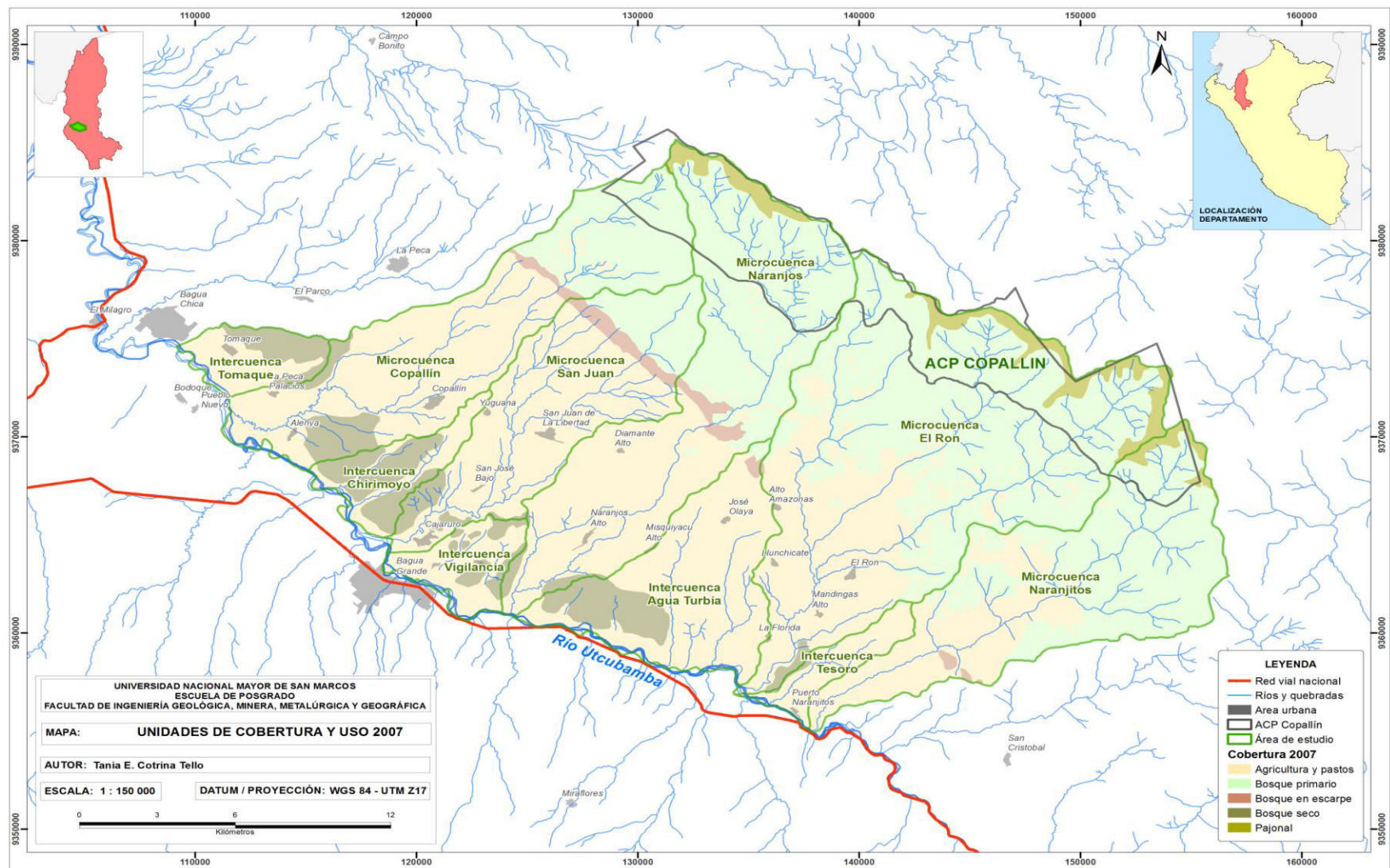


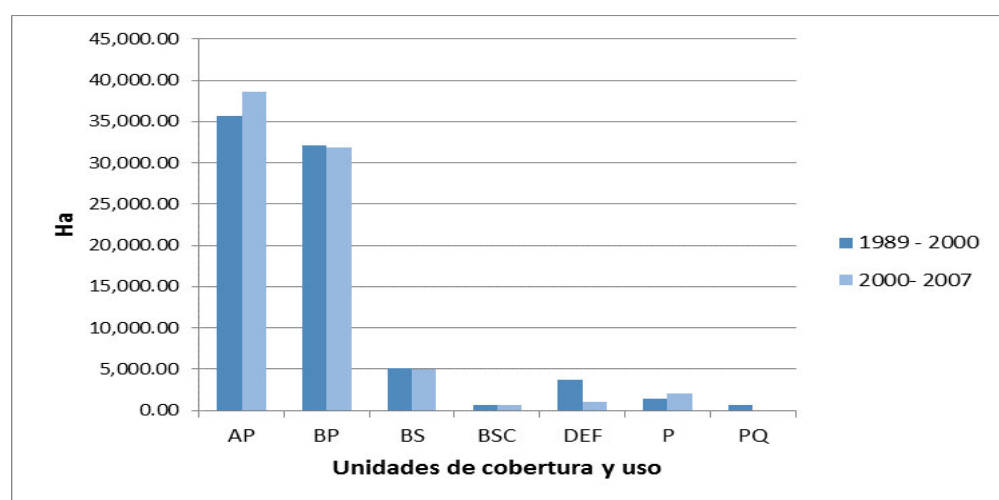
Figura 50. Mapa de cobertura y uso – 2007.

El cuadro 24 y la figura 51, muestran a manera de resumen la cuantificación de la deforestación considerando el análisis de los cambios ocurridos en las unidades de cobertura y uso para dos periodos, el primero 1989-2000 y 2000-2007. La superficie de agricultura y pastos se ha incrementado en 2,963.50 Ha, el bosque primario (incluye bosque en escarpe) ha disminuido en 230.66 Ha, el bosque seco ha disminuido en 160.60 Ha, el bosque secundario registra un pequeño incremento de 69.81 Ha. La deforestación registra una disminución bastante significativa de 2,696.05 Ha, pasando de 3,702.38 Ha a 1,006.33 Ha. Mientras que la cobertura de pajonal se ha incrementado en 657.18 Ha, y para el periodo 2 no existe evidencia de pajonal quemado.

**Cuadro 24. Resumen de superficies de cobertura y uso según periodos.**

Cobertura	Símbolo	1989 - 2000 (Ha)	Superficie (%)	2000-2007 (Ha)	Superficie (%)
Agricultura y pastos	AP	35,633.08	45.01	38,596.57	48.75
Bosque primario	BP	32,088.75	40.53	31,858.10	40.24
Bosque seco	BS	5,063.43	6.40	4,956.83	6.26
Bosque secundario	BSC	650.95	0.82	720.76	0.91
<b>Deforestación</b>	<b>DEF</b>	<b>3,702.38</b>	<b>4.68</b>	<b>1,006.33</b>	<b>1.27</b>
Pajonal	P	1,377.37	1.74	2,034.55	2.57
Pajonal quemado	PQ	657.18	0.83	0.00	0.00
<b>Total</b>		<b>79,173.14</b>	<b>100.00</b>	<b>79,173.14</b>	<b>100.00</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.



**Figura 51. Superficies de cobertura y uso según periodos.**  
**Elaboración Propia.**

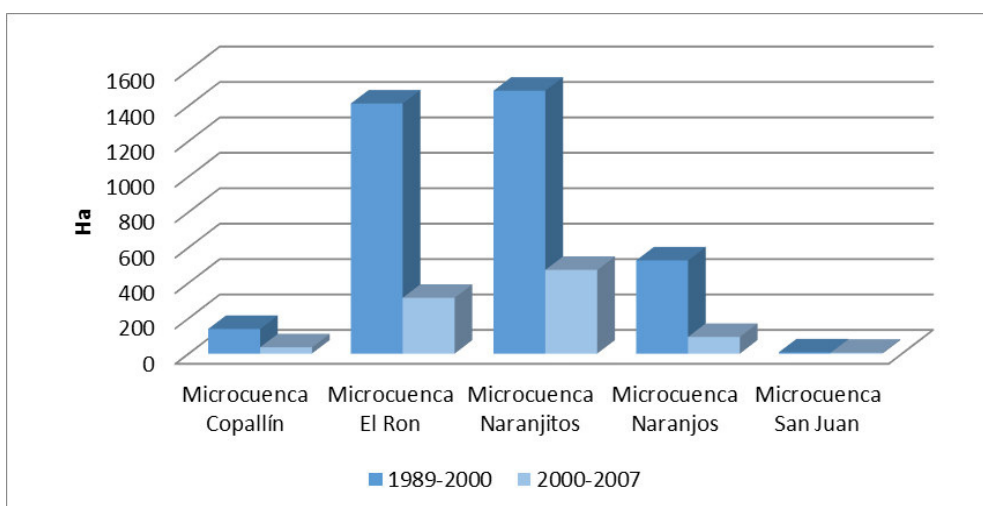
El cuadro 25, muestran la superficie deforestada por periodos y el total acumulado entre 1989 -2007. La superficie deforestada ha disminuido notablemente en un 72.82% al 2007 respecto del año 1989, pasando de 3,702.38 Ha en el periodo 1989 -2000 a 1,006.33 Ha en el periodo 2000-2007. Si analizamos la superficie deforestada acumulada para el periodo 1989-2007, ésta asciende a 4,708.71 Ha y representa el 6.00% de la superficie total del ámbito de investigación (79,173.14 Ha).

**Cuadro 25. Superficie deforestada por periodos y total acumulado.**

Nombre	Superficie Deforestada		
	1989 - 2000 (Ha)	2000- 2007 (Ha)	Total Acumulado (Ha)
Intercuenca Agua Turbia	114.42	70.40	184.82
Intercuenca Chirimoyo	5.45	4.30	9.75
Intercuenca Tesoro	4.02	3.40	7.42
Intercuenca Tomaque	4.40	2.45	6.85
Intercuenca Vigilancia	4.25	3.22	7.47
Microcuenca Copallín	139.41	35.50	174.91
Microcuenca El Ron	1,412.32	314.85	1,727.17
Microcuenca Naranjitos	1,484.53	472.59	1,957.12
Microcuenca Naranjos	526.37	94.17	620.54
Microcuenca San Juan	7.22	5.45	12.67
<b>Total</b>	<b>3,702.38</b>	<b>1,006.33</b>	<b>4,708.71</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.

La figura 52, muestra la superficie deforestada por periodos según microcuenca. El comportamiento es el mismo en todos los ámbitos, registrándose la disminución de la superficie deforestada entre el periodo 1 y 2. La microcuenca Naranjitos registra las mayores superficies deforestadas en ambos periodos, seguido por las microcuencas El Ron y Naranjos respectivamente, mientras las microcuencas Copallín y San Juan registran las menores superficies deforestadas.



**Figura 52. Superficie deforestada por periodos según microcuenca. Elaboración Propia.**

La figura 53, muestra el mapa de deforestación trabajado a escala 1:150 000, donde se aprecia la dinámica del proceso de deforestación según los periodos de análisis. En el periodo 1989–2000, las microcuencas Naranjitos, El Ron y Naranjos registran la mayor concentración de la superficie deforestada en la cuenca media alta, mientras las microcuencas Copallín y San Juan registran las menores superficies deforestadas. Para el periodo 2000 – 2007 se evidencia notablemente la disminución de la superficie deforestada. Sin embargo, a pesar de la disminución de la intensidad el avance se dirige hacia el Área de Conservación Privada Copallín.



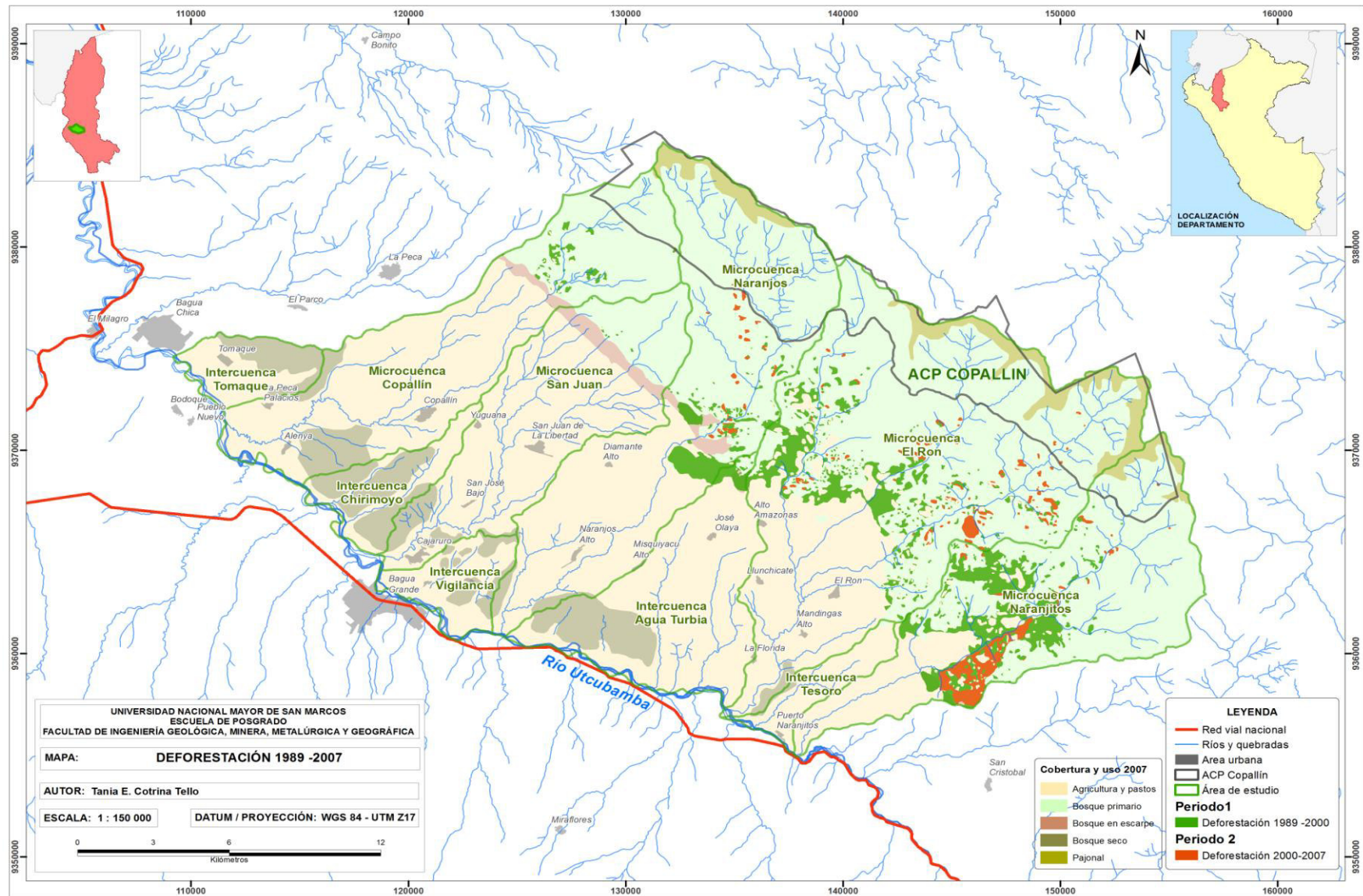


Figura 53. Mapa de deforestación 1989 – 2007.



### **5.1.3 Análisis de la demanda de agua para el cultivo de arroz**

En esta etapa se ha considerado la determinación de la superficie destinada a cultivos de arroz y la estimación de la demanda de agua, entendida como volumen de agua requerida para el desarrollo de la actividad agrícola arrocerá.

#### **- Superficie de cultivos de arroz**

Se han identificado y delimitado las parcelas cultivadas de arroz, mediante la técnica de análisis visual en base a la imagen google earth disponible para el año 2007. El procesamiento y análisis de la información, se realizó mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Como resultado se ha elaborado el mapa de superficie de cultivos de arroz a escala 1:150 000, identificándose la mayor concentración de este cultivo en la margen derecha del río Utcubamba y en su mayoría en la parte baja de las microcuencas e intercuencas de interés, como se puede apreciar en la figura 54.

Es importante mencionar que para los años 1989 y 2000, no se ha realizado la interpretación visual, puesto que en el año 1989 la imagen disponible en google earth es de tipo Landsat y por la escala de trabajo requerida no permite la discriminación de las parcelas. Para el año 2000, la imagen disponible presenta una cobertura de nubes hacia el sector centro este del ámbito de investigación, que dificulta la discriminación de las parcelas de cultivos de arroz. Además, se ha podido apreciar de la revisión histórica de las imágenes google earth que del año 2000 al 2005 se siguen presentando inconvenientes con cobertura de nubes y para los años recientes no se evidencia un incremento de parcelas, pero si se evidencia que la expansión agrícola se orienta hacia la cuenca media alta, donde se ubica el Área de Conservación Privada Copallín.

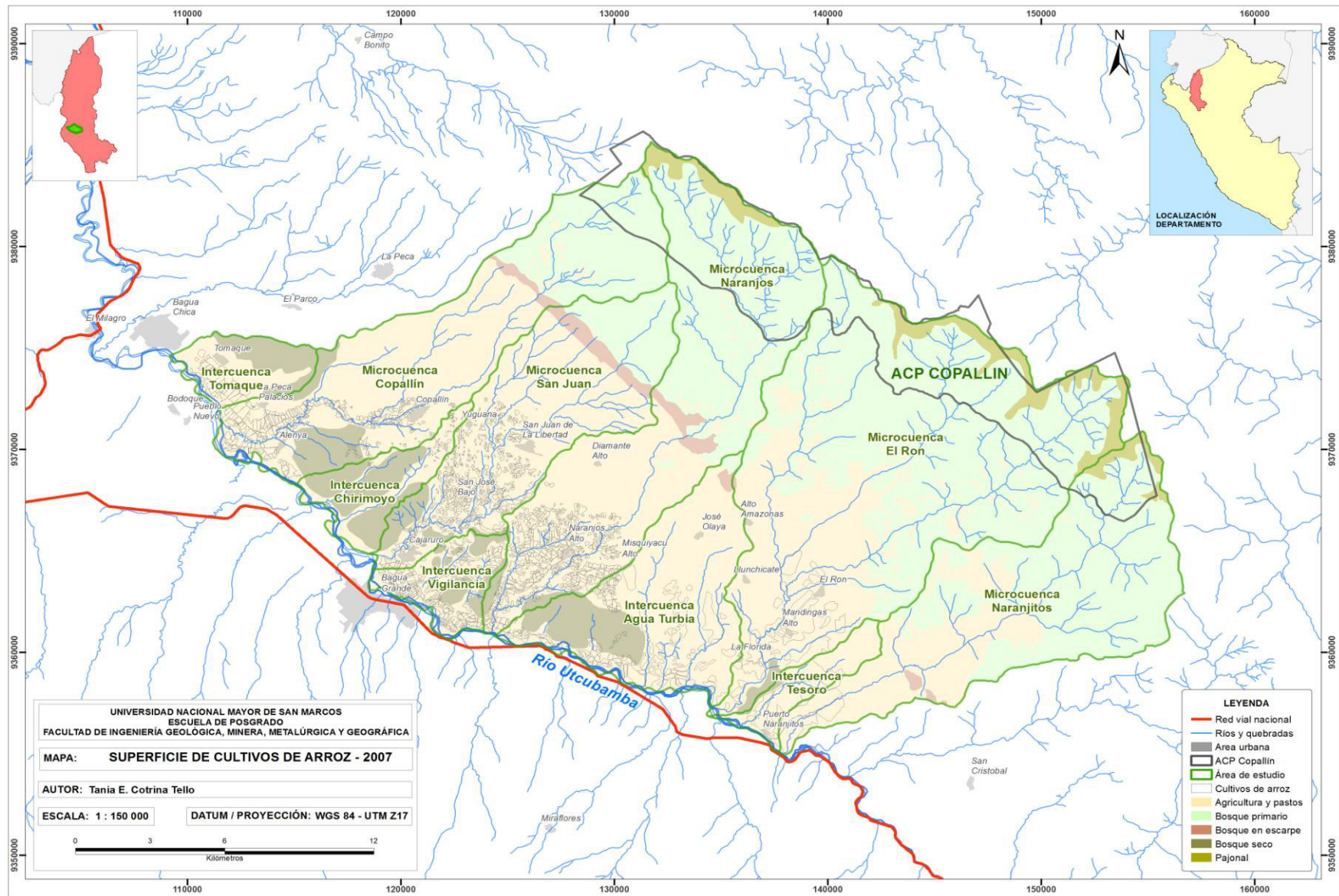


Figura 54. Mapa de superficie de cultivos de arroz – 2007.

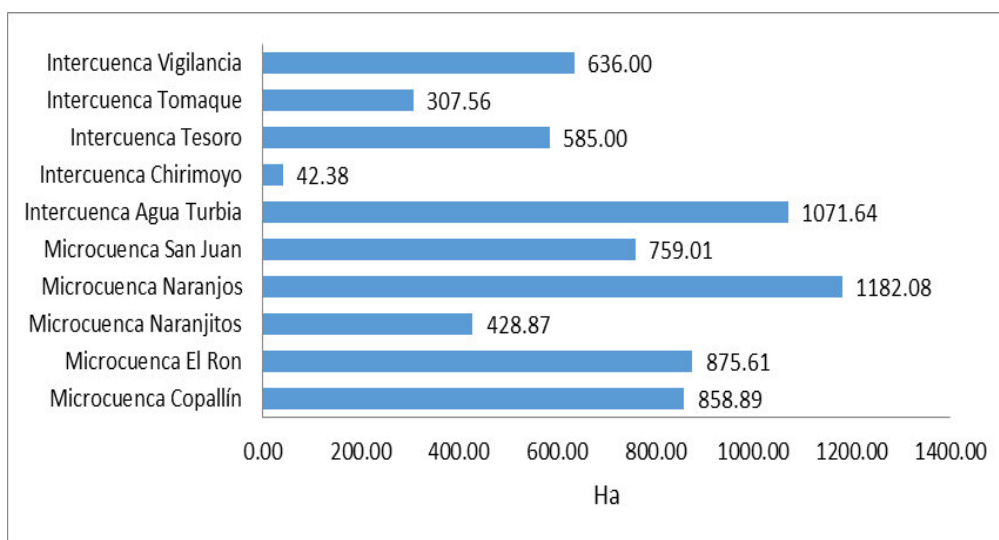
En el cuadro 26 y la figura 55, se aprecia que la superficie total de cultivos de arroz asciende 6,747.05 Ha y representa el 8.52% de la superficie total del ámbito de investigación (79,173.14 Ha). Las microcuencas abarcan el 61% de la superficie total de arroz con 4,104.47 Ha y el 39% restante (2,642.58 Ha) corresponde a las intercuenas.

En cuanto a las microcuencas, Naranjos presenta la mayor superficie con 1 182.08 Ha, seguido por el Ron con 875.62 Ha y Copallín con 858.89 Ha, mientras San Juan cuenta con 759.01 Ha y Naranjitos presentan la menor superficie con 428.87 Ha. La intercuenca Agua Turbia registra la mayor superficie de arroz con 1071.64 Ha, seguido por Vigilancia con 636.00 Ha y Tesoro con 585.00 Ha. Porcentualmente no se evidencian valores tan marcados, quiere decir que la distribución de la superficie de cultivos de arroz es bastante homogénea.

**Cuadro 26. Superficie total de cultivos de arroz – 2007.**

Nombre	Superficie total arroz (Ha)	%
Intercuenca Agua Turbia	1071.64	15.88
Intercuenca Chirimoyo	42.38	0.63
Intercuenca Tesoro	585.00	8.67
Intercuenca Tomaque	307.56	4.56
Intercuenca Vigilancia	636.00	9.43
Microcuenca Copallín	858.89	12.73
Microcuenca El Ron	875.61	12.98
Microcuenca Naranjitos	428.87	6.36
Microcuenca Naranjos	1182.08	17.52
Microcuenca San Juan	759.01	11.25
<b>Total</b>	<b>6,747.05</b>	<b>100.00</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.



**Figura 55. Superficie total de cultivos de arroz - 2007. Elaboración Propia.**

En el cuadro 27, se muestra la estimación de la producción anual de arroz cuyo valor asciende a 97,157.57 toneladas, considerando que cada hectárea rinde 7200 kg de arroz en cáscara y que el cultivo del arroz en condiciones adecuadas se da en dos campañas anuales.

El valor anual de producción de arroz asciende a S/. 79, 377,734 calculado considerando la producción de arroz en kg y un precio de mercado promedio pagado al productor de S/ 0.817 por kg.<sup>10</sup>

**Cuadro 27. Superficie total de cultivos de arroz, producción y valor anual de la producción – 2007.**

Nombre	Superficie total arroz (Ha)	Producción anual (Kg)	Producción anual (t)	Valor anual de producción de arroz (S/.)
Intercuenca Agua Turbia	1071.64	15431578.57	15431.58	12607599.70
Intercuenca Chirimoyo	42.38	610326.17	610.33	498636.48
Intercuenca Tesoro	585.00	8423979.44	8423.98	6882391.20
Intercuenca Tomaque	307.56	4428858.96	4428.86	3618377.77
Intercuenca Vigilancia	636.00	9158434.04	9158.43	7482440.61
Microcuenca Copallín	858.89	12368045.26	12368.05	10104692.98
Microcuenca El Ron	875.61	12608835.47	12608.84	10301418.58
Microcuenca Naranjitos	428.87	6175751.01	6175.75	5045588.58
Microcuenca Naranjos	1182.08	17022023.24	17022.02	13906992.98
Microcuenca San Juan	759.01	10929736.67	10929.74	8929594.86
<b>Total</b>	<b>6,747.05</b>	<b>97,157,568.83</b>	<b>97,157.57</b>	<b>79,377,733.73</b>

*Fuente. Elaboración Propia*

<sup>10</sup> Ver base teórica concerniente al cultivo de arroz, pág 35 de la presente investigación.

- ***Demanda de agua para el cultivo de arroz***

Para fines de la investigación, se entiende por demanda a la cantidad de agua requerida para el desarrollo de la actividad arrocería, expresado en unidades de volumen. Para determinar la demanda de agua para cultivo de arroz, se ha considerado como dato de referencia que el cultivo de arroz bajo condiciones de riego de inundación consume en promedio 16500 m<sup>3</sup> de agua por hectárea<sup>11</sup>. Luego, se ha multiplicado la superficie total de arroz por este valor de consumo promedio de agua.

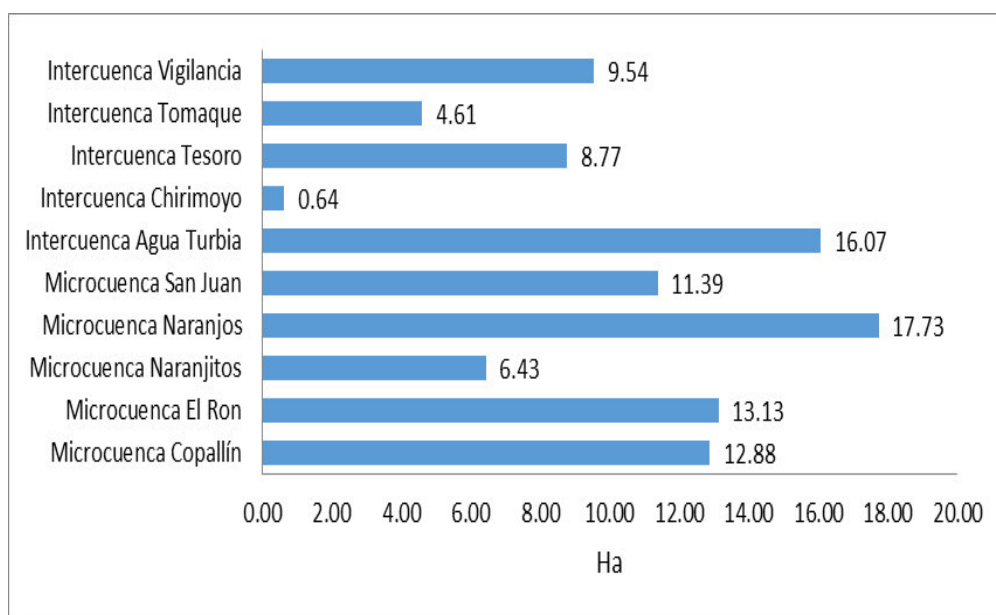
El cuadro 28 y la figura 56, muestran que la demanda de agua para cultivo de arroz asciende a 101.21 MMC. Se tiene que la mayor demanda de agua para cultivo de arroz se registra en la microcuenca de Naranjos con 17.73 MMC, seguido por la intercuenca Agua Turbia con 16.07 MMC, luego El Ron con 13.13 MMC y Copallín con 12.7388 MMC, mientras las intercuenca Tomaque y Chirimoyo registran las menores demandas de agua con 4.61 y 0.64 MMC respectivamente.

**Cuadro 28. Demanda de agua para cultivo de arroz – 2007.**

<b>Nombre</b>	<b>Superficie total arroz (Ha)</b>	<b>Demanda de agua para cultivo de arroz (MMC)</b>
Intercuenca Agua Turbia	1071.64	16.07
Intercuenca Chirimoyo	42.38	0.64
Intercuenca Tesoro	585.00	8.77
Intercuenca Tomaque	307.56	4.61
Intercuenca Vigilancia	636.00	9.54
Microcuenca Copallín	858.89	12.88
Microcuenca El Ron	875.61	13.13
Microcuenca Naranjitos	428.87	6.43
Microcuenca Naranjos	1182.08	17.73
Microcuenca San Juan	759.01	11.39
<b>Total</b>	<b>6,747.05</b>	<b>101.21</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.

<sup>11</sup> Ver base teórica concerniente al cultivo de arroz, pág 33 de la presente investigación.



**Figura 56. Demanda de agua para cultivo de arroz - 2007. Elaboración Propia**

#### - **Análisis del superávit o déficit hídrico**

En el cuadro 29, se muestran comparativamente los resultados de la oferta y demanda hídrica de agua para cultivo de arroz, de la diferencia de estos valores se determinó el superávit o déficit hídrico anual.

Los resultados muestran valores positivos en todos los casos, lo que es indicativo de un superávit hídrico que asciende a 334.59 MMC, puesto que la demanda de agua es cubierta por la oferta hídrica. Las microcuencas de Naranjos y el Ron, las de mayor extensión, tienen el mayor superávit y representan el 27.93 y 28.17% del total respectivamente. Mientras que las intercuencas de Chirimoyo y Tesoro, de menor extensión, registran los menores valores de superávit que representan el 0.74% del total.



**Cuadro 29. Oferta y demanda hídrica para cultivo de arroz – 2007.**

Nombre	Extensión (Ha)	Oferta hídrica (MMC)	Demanda hídrica (MMC)	Diferencia (MMC)	%
Intercuenca Agua Turbia	6,635.50	29.60	16.07	13.52	4.04
Intercuenca Chirimoyo	2,072.06	3.11	0.64	2.47	0.74
Intercuenca Tesoro	1,822.37	11.25	8.77	2.48	0.74
Intercuenca Tomaque	1,713.75	18.12	4.61	13.51	4.04
Intercuenca Vigilancia	1,303.38	22.68	9.54	13.14	3.93
Microcuenca Copallín	11,067.68	51.73	12.88	38.85	11.61
Microcuenca El Ron	21,562.89	106.60	13.13	93.46	27.93
Microcuenca Naranjitos	11,311.37	47.48	6.43	41.04	12.27
Microcuenca Naranjos	13,366.19	111.98	17.73	94.25	28.17
Microcuenca San Juan	8,317.95	33.26	11.39	21.88	6.54
<b>TOTAL</b>	<b>79,173.14</b>	<b>435.80</b>	<b>101.21</b>	<b>334.59</b>	<b>100.00</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.

#### 5.1.4 Estimación del valor del agua como insumo en la producción agrícola del cultivo de arroz.

Para la estimación del valor de uso directo del agua como insumo en la producción agrícola del cultivo de arroz, se ha considerado la aplicación de la técnica de cambio en la productividad aplicado a sistemas de riego agrícola, el cual se sustenta en que hay un reconocimiento de que el riego incrementa la productividad agrícola y este cambio en la producción puede ser usado para calcular el valor del agua.

La ecuación<sup>12</sup> aplicada al contexto de análisis del cultivo de arroz, viene dada por:

$$P_k^{ag} = (p_k - c_k) * q_k \quad \text{Además, } q_k = (Q_k^{\text{riego}} - Q_k^{\text{secano}})/V_i$$

Donde:

- $P_k^{ag}$  : Costo del agua para cultivo de arroz (S/ x m<sup>3</sup>).
- $p_k$  : Precio del arroz (S/ x kg).
- $c_k$  : Costo de producción bajo riego (S/ x kg).
- $q_k$  : Cambio en producción del cultivo de arroz bajo riego (Kg/m<sup>3</sup>).
- $Q_k^{\text{riego}}$  : Cantidad de producción del cultivo de arroz bajo riego (Kg/Ha.).
- $Q_k^{\text{secano}}$  : Cantidad de producción del cultivo de arroz sin riego (Kg/Ha.).
- $V_i$  : Volumen de agua usado en riego del cultivo arroz (m<sup>3</sup>/Ha.).

<sup>12</sup> La fórmula original figura en la página 52 de la presente investigación. Ha sido adaptada al cultivo de arroz.

En el cuadro 30, se resumen los valores<sup>13</sup> considerados para la determinación del costo aproximado del agua para cultivo de arroz, que al año 2007 asciende a 0.047 S/ por m<sup>3</sup>.

**Cuadro 30. Costo del agua para cultivo de arroz -2007.**

$p_k$	$c_k$	$Q_k$ riego	$V_i$	$q_k$	Costo del agua
0.82	0.71	7200	16500	0.44	0.047

*Fuente.* Elaboración Propia.

El valor anual del agua como insumo en la producción del cultivo de arroz se ha determinado en función del costo del agua multiplicado por la demanda de agua para cultivo de arroz (m<sup>3</sup>). En el cuadro 31, se aprecia que el valor del agua por campaña asciende a S/ 2, 362,695 y considerando que el número de campañas para el arroz es dos, se tiene un valor de S/ 4, 725,391 anuales. Cabe resaltar que el valor anual del agua representa sólo el 5.95 % del valor anual de producción de arroz calculado en S/ 79, 377,734.

**Cuadro 31. Valor anual del agua para cultivo de arroz -2007.**

Nombre	Demanda de agua para cultivo de arroz - 2007 (MMC)	Demanda de agua para cultivo de arroz - 2007 (m <sup>3</sup> )	Costo del agua (S/ x m <sup>3</sup> )	Valor del agua (S/. x campaña)	Valor anual del agua (S/.)
Intercuenca Agua Turbia	16.07	16,074,561.02	0.047	375,267.93	750,535.87
Intercuenca Chirimoyo	0.64	635,756.43	0.047	14,842.02	29,684.05
Intercuenca Tesoro	8.77	8,774,978.58	0.047	204,855.86	409,711.73
Intercuenca Tomaque	4.61	4,613,394.75	0.047	107,701.80	215,403.59
Intercuenca Vigilancia	9.54	9,540,035.46	0.047	222,716.46	445,432.93
Microcuenca Copallín	12.88	12,883,380.48	0.047	300,768.37	601,536.75
Microcuenca El Ron	13.13	13,134,203.61	0.047	306,623.95	613,247.91
Microcuenca Naranjitos	6.43	6,433,073.97	0.047	150,183.04	300,366.07
Microcuenca Naranjos	17.73	17,731,274.21	0.047	413,944.66	827,889.31
Microcuenca San Juan	11.39	11,385,142.37	0.047	265,791.32	531,582.65
<b>TOTAL</b>	<b>101.21</b>	<b>101,205,800.87</b>	<b>0.047</b>	<b>2,362,695.42</b>	<b>4,725,390.85</b>

*Fuente.* Elaboración Propia.

<sup>13</sup> Ver base teórica concerniente al cultivo de arroz, pág 33 -35 de la presente investigación.



## 5.2. Prueba de hipótesis

Para el desarrollo de la prueba de hipótesis, se han considerado los valores de los resultados obtenidos para las variables de interés, al finalizar el periodo de análisis.

### **Hipótesis general:**

*“La provisión del recurso hídrico se relaciona directamente con el cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas, considerando un enfoque de valoración económica”.*

La forma estadística de esta hipótesis se asocia a una prueba de correlación de Pearson, según la que se formulan las hipótesis estadísticas  $H_0$  (hipótesis nula) y  $H_1$  (hipótesis de investigación) de la siguiente manera:

*$H_0$ :* La provisión del recurso hídrico no se relaciona directamente con el valor del agua como insumo en la producción del cultivo de arroz.

*$H_1$ :* La provisión del recurso hídrico si se relaciona directamente con el valor del agua como insumo en la producción del cultivo de arroz.

En el cuadro 32, se muestran los datos considerados para la prueba de correlación de Pearson.

**Cuadro 32. Datos para la correlación de la hipótesis general.**

<b>Provisión del recurso hídrico - (MMC)</b>	<b>Valor del agua como insumo en la producción del cultivo de arroz (S/.)</b>
29.60	750,535.87
3.11	29,684.05
11.25	409,711.73
18.12	215,403.59
22.68	445,432.93
51.73	601,536.75
106.60	613,247.91
47.48	300,366.07
111.98	827,889.31
33.26	531,582.65

*Fuente.* Elaboración Propia.

Según el cuadro 33, se registra un coeficiente de correlación “r” de Pearson de 0.678, lo que implica una correlación positiva o directa moderada entre ambas variables, e indica que altos valores de provisión del recurso hídrico, se asocian con altos valores de agua como insumo en la producción del cultivo de arroz. El coeficiente es significativo al 0.05% (95% de confianza en que la correlación sea verdadera y 5% de probabilidad de error). El valor p asociado a esta prueba es de 0,031, el mismo que es menor que 0,05. Esto permite rechazar  $H_0$  y, por lo tanto, aceptar la hipótesis de investigación.

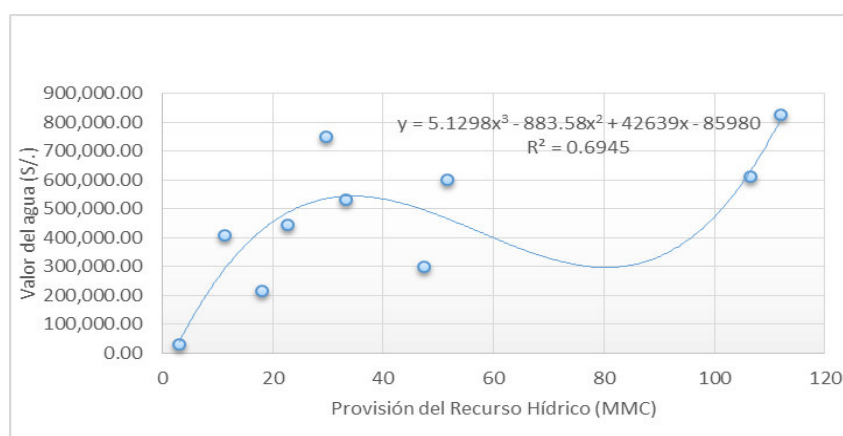
**Cuadro 33. Correlación Provisión del recurso hídrico (MMC) vs Valor del agua como insumo en la producción del cultivo de arroz (S/.)**

		Provisión del recurso hídrico (MMC)	Valor del agua como insumo en la producción del cultivo de arroz (S/.)
Provisión del recurso hídrico (MMC)	Correlación de Pearson	1	,678
	Sig. (bilateral)		,031
	N	10	10
Valor del agua como insumo en la producción del cultivo de arroz (S/.)	Correlación de Pearson	,678	1
	Sig. (bilateral)	,031	
	N	10	10

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

*Fuente.* Elaboración Propia.

El análisis de regresión, ha permitido determinar que el grado de asociación es de tipo no lineal. El modelo que mejor explica la relación entre las variables (provisión del recurso hídrico, valor del agua), luego de realizar el diagrama de dispersión, viene dado por la ecuación polinómica de orden 3, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) promedio para los tres años de 0.7, es decir, se explica el 70% del comportamiento de las variables, tal como se muestra en la figura 57.



**Figura 57. Gráfico de la correlación y ecuación de regresión polinómica para la hipótesis general. Elaboración propia.**

### **Hipótesis específica 1:**

*“La oferta hídrica se relaciona directamente con la demanda de agua para cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas”.*

Al igual que para la hipótesis general, se ha aplicado una prueba de correlación de Pearson, a través de las siguientes hipótesis estadísticas:

*H<sub>0</sub>*: La oferta hídrica no se relaciona directamente con la demanda de agua para cultivo de arroz.

*H<sub>1</sub>*: La oferta hídrica si se relaciona directamente con la demanda de agua para cultivo de arroz

En el cuadro 34, se muestran los datos considerados para la prueba de correlación de Pearson.

**Cuadro 34. Datos para la correlación de la hipótesis específica 1.**

<b>Oferta hídrica para cultivo de arroz (MMC)</b>	<b>Demanda de agua para cultivo de arroz (MMC)</b>
29.60	16.07
3.11	0.64
11.25	8.77
18.12	4.61
22.68	9.54
51.73	12.88
106.60	13.13
47.48	6.43
111.98	17.73
33.26	11.39

*Fuente.* Elaboración Propia.

Según el cuadro 35, se registra un coeficiente de correlación “r” de Pearson de 0.671, lo que implica una correlación positiva o directa moderada entre ambas variables, e indica que a mayor oferta hídrica,

mayor demanda de agua para cultivo de arroz. El coeficiente es significativo al 0.05% (95% de confianza en que la correlación sea verdadera y 5% de probabilidad de error). El valor p asociado a esta prueba es de 0,034, el mismo que es menor que 0,05. Esto permite rechazar  $H_0$  y, por lo tanto, aceptar la hipótesis de investigación.

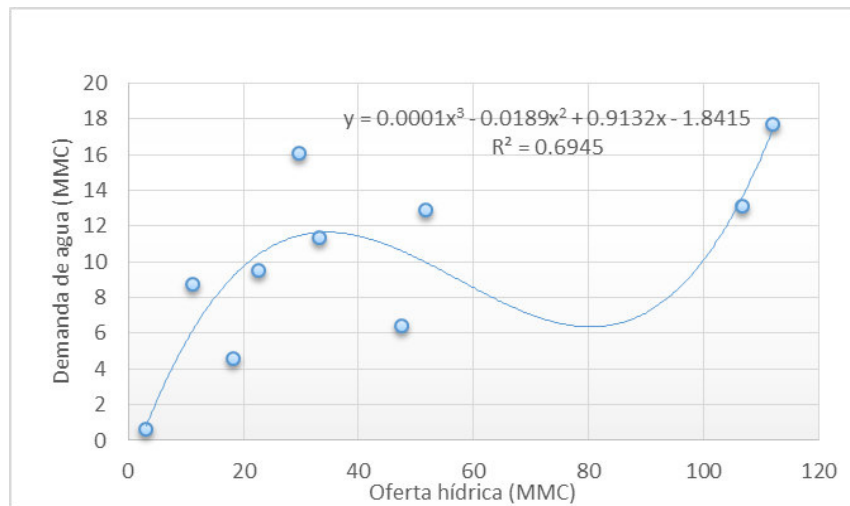
**Cuadro 35. Correlación Oferta hídrica para cultivo de arroz (MMC) vs Demanda de agua para cultivo de arroz (MMC)**

		Oferta hídrica para cultivo de arroz (MMC)	Demanda de agua para cultivo de arroz (MMC)
<b>Oferta hídrica para cultivo de arroz (MMC)</b>	Correlación de Pearson	1	,671 <sup>*</sup>
	Sig. (bilateral)		,034
	N	10	10
<b>Demanda de agua para cultivo de arroz (MMC)</b>	Correlación de Pearson	,671 <sup>*</sup>	1
	Sig. (bilateral)	,034	
	N	10	10

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

*Fuente.* Elaboración Propia.

El análisis de regresión, ha permitido determinar que el grado de asociación es de tipo no lineal. El modelo que mejor explica la relación entre las variables (oferta hídrica, demanda de agua), luego de realizar el diagrama de dispersión, viene dado por la ecuación polinómica de orden 3, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) promedio para los tres años de 0.7, es decir, se explica el 70% del comportamiento de las variables, tal como se muestra en la figura 58.



**Figura 58. Gráfico de la correlación y ecuación de regresión polinómica para la hipótesis específica 1. Elaboración Propia.**

### **Hipótesis específica 2:**

*“El proceso de deforestación se relaciona directamente con la oferta hídrica para cultivo de arroz, en el ámbito del Área de Conservación Privada Copallín, Amazonas”.*

Al igual que para la hipótesis general, se ha aplicado una prueba de correlación de Pearson, a través de las siguientes hipótesis estadísticas:

*H<sub>0</sub>*: La deforestación acumulada no se relaciona directamente con la variación de la oferta hídrica para cultivo de arroz.

*H<sub>1</sub>*: La deforestación acumulada si se relaciona directamente con la variación de la oferta hídrica para cultivo de arroz.

En el cuadro 36, se muestran los datos considerados para la prueba de correlación de Pearson.

**Cuadro 36. Datos para la correlación de la hipótesis específica 2.**

<b>Deforestación acumulada (Ha)</b>	<b>Variación de la oferta hídrica para cultivo de arroz (MMC)</b>
184.82	0.11
9.75	0.01
7.42	0.14
6.85	0.01
7.47	0.01
174.91	0.14
1727.17	2.49
1957.12	2.75
620.54	1.33
12.67	0.08

*Fuente.* Elaboración Propia.

Según el cuadro 37, se registra un coeficiente de correlación “r” de Pearson de 0.983, lo que implica una correlación positiva o directa muy fuerte entre ambas variables, e indica que a mayor deforestación acumulada mayor variación de la oferta hídrica para cultivo de arroz. El coeficiente es significativo al 0.01% (99% de confianza en que la correlación sea verdadera y 1% de probabilidad de error). El valor p asociado a esta prueba es de 0,000, el mismo que es menor que 0,01. Esto permite rechazar  $H_0$  y, por lo tanto, aceptar la hipótesis de investigación.

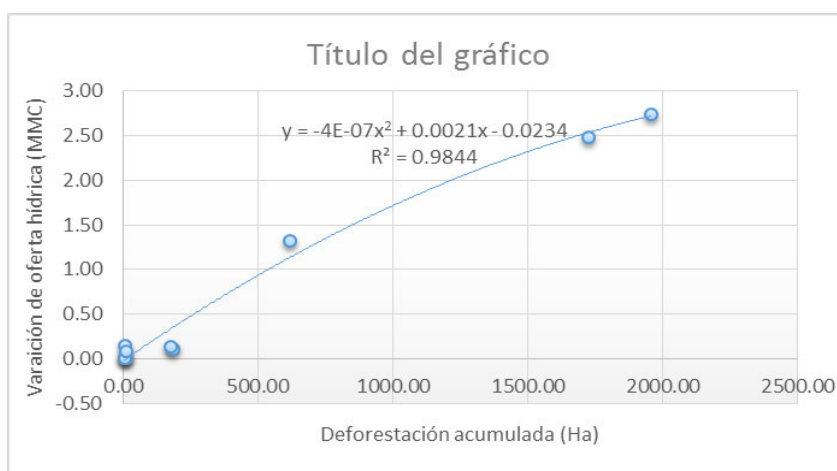
**Cuadro 37. Correlación Deforestación acumulada (Ha) vs Variación de la oferta hídrica para cultivo de arroz (MMC).**

		<b>Deforestación acumulada (Ha)</b>	<b>Variación de la oferta hídrica para cultivo de arroz (MMC)</b>
<b>Deforestación acumulada (Ha)</b>	Correlación de Pearson	1	,983**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	10	10
<b>Variación de la oferta hídrica para cultivo de arroz (MMC)</b>	Correlación de Pearson	,983**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	10	10

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

*Fuente.* Elaboración Propia.

El análisis de regresión, ha permitido determinar que el grado de asociación es de tipo no lineal. El modelo que mejor explica la relación entre las variables (deforestación acumulada, variación de oferta hídrica), luego de realizar el diagrama de dispersión, viene dado por la ecuación polinómica de orden 2, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) promedio para los tres años de 0.98, es decir, se explica casi el 100% del comportamiento de las variables, tal como se muestra en la figura 59.



**Figura 59. Gráfico de la correlación y ecuación de regresión polinómica para la hipótesis específica 2. Elaboración Propia.**

### 5.3. Discusión de resultados

1. Los resultados muestran una disminución progresiva de la oferta hídrica anual entre los años 1989-2007, pasando de 3646.63 MMC a 3578.52 MMC. La oferta hídrica anual para cultivo de arroz, responde al mismo patrón, registrándose una disminución no tan significativa de 6.99 MMC, pasando de 442.83 MMC en 1989 a 435.80 MMC en el año 2007, esto concuerda con los resultados del estudio de APECO (2013) "Línea base: Caracterización de los beneficiarios de los servicios hídricos del



ACP Copallín”, que señala que se ha registrado una disminución de la disponibilidad de agua en los últimos 5 años.

2. Los resultados muestran un patrón de disminución de la superficie deforestada, en un 72.82% al 2007 respecto del año 1989. Al comparar los periodos 1898-2000 y 2000-2007, la superficie deforestada pasa de 3,702.38 Ha en el periodo 1989 -2000 a 1,006.33 Ha en el periodo 2000-2007. La superficie deforestada acumulada para el periodo 1989-2007, asciende a 4,708.71 Ha y representa el 6.00% de la superficie total del ámbito de investigación (79,173.14 Ha).
  
3. Al analizar la dinámica del proceso de deforestación, se tiene que la mayor presión se concentra en la cuenca media alta de las áreas de interés. A pesar de la disminución de la intensidad el avance se dirige hacia el Área de Conservación Privada Copallín. De ser el caso que en los próximos años la dinámica responda a las mismas características, se pondría en riesgo este ecosistema de bosques montanos que abarcan el Área de Conservación Privada Copallín. Sin embargo, la población actualmente es consciente de la importancia de la conservación de los recursos hídricos e incluso se están llevando a cabo los primeros acuerdos entre la Comunidad Campesina de Copallín, regantes de las quebradas importantes, y las principales autoridades locales y nacionales para impulsar compromisos y acciones concretas. Esto concuerda con el estudio de APECO (2013) “Línea base: Caracterización de los beneficiarios de los servicios hídricos del ACP Copallín”, en tanto se considera que existe relación entre los bosques de la cuenca alta y la disponibilidad de agua y se señala a la expansión de la frontera agrícola como una expresión de deforestación que afecta el ecosistema predominante y por tanto la disponibilidad de agua.

4. La demanda de agua para cultivo de arroz asciende a 101.21 MMC. Al comparar la oferta (442.83 MMC) y demanda hídrica para cultivo de arroz, se registra un superávit hídrico que asciende a 334.59 MMC, indicativo que la demanda total anual agua para riego es cubierta por la oferta hídrica anual para cultivo de arroz, en contraste los resultados del estudio de APECO (2013) “Línea base: Caracterización de los beneficiarios de los servicios hídricos del ACP Copallín”, que señala que la cantidad de agua con la que se cuenta para el desarrollo de la agricultura es insuficiente.
5. La mayor concentración de cultivos de arroz se evidencia en la margen derecha del río Utcubamba, y se ha determinado que la expansión agrícola se oriente hacia la cuenca media alta, donde se ubica el Área de Conservación Privada Copallín, lo que pone en riesgo este ecosistema de bosques montanos y por ende la disponibilidad de agua.
6. La cuantificación del valor anual del agua como insumo en la producción del cultivo de arroz asciende a S/ 4, 725,391 en función de un costo de agua calculado de S/. 0.047 por m<sup>3</sup>, que resulta ser un costo bajo por unidad de agua, en contraste con el estudio de Argueta (2005), denominado “Propuesta de valoración económica del servicio ambiental hídrico del bosque, microcuenca del río El Riachuelo, Montaña Las Granadillas, Zacapata. Guatemala”, donde se obtiene un costo de US \$ 0.03 por m<sup>3</sup> (S/ 0.15 por m<sup>3</sup>).<sup>14</sup> El valor anual del agua obtenido a partir del costo de agua representa el 5.95% del valor anual de producción de arroz calculado en S/ 79, 377,734, lo que indicaría que existe una incorporación del valor monetario del uso directo del agua en la producción del cultivo de arroz, sin embargo, resulta ser un porcentaje bajo en comparación con la importancia del recurso hídrico para el desarrollo de esta actividad agrícola.

---

<sup>14</sup> Tasa de cambio a diciembre 2007 = 2.99.

## CONCLUSIONES

1. Se ha determinado que existe una correlación positiva o directa moderada entre la provisión del recurso hídrico y el cultivo de arroz, considerando un enfoque de valoración económica, la prueba de hipótesis lo demuestra al registrar un coeficiente de correlación de 0,678, e indica que aquellas zonas que registran altos valores de provisión del recurso hídrico, se asocian con altos valores monetarios de agua como insumo en la producción del cultivo de arroz.
2. Se ha determinado que existe una correlación positiva o directa moderada entre la oferta hídrica y la demanda de agua para cultivo de arroz, cuya hipótesis fue aceptada al registrar un coeficiente de correlación de 0,671, e implica que en aquellas zonas donde existen altos valores de oferta hídrica, también existen altos valores de demanda de agua para cultivo de arroz, lo que indica que el aprovechamiento de agua sigue patrones bastante homogéneos que pone en riesgo la sostenibilidad del recurso a futuro.
3. Se ha determinado que existe una correlación positiva o directa muy fuerte entre el proceso de deforestación y la oferta hídrica para el cultivo de arroz, dado que la prueba de hipótesis lo demuestra al registrar un coeficiente de 0.983. Esto indica que en aquellas zonas donde la deforestación acumulada es alta la variación de la oferta hídrica también es alta. Esta variación es entendida como la disminución de oferta hídrica para todo el periodo de análisis (1989-2007).

## RECOMENDACIONES

1. Al evidenciarse una disminución progresiva de la oferta hídrica anual, se recomienda realizar monitoreos permanentes y estudios complementarios respecto de los caudales, puesto que una de las limitaciones encontradas fue la ausencia de información que permita la determinación de los mismos. Se sugiere evaluar la posibilidad de realizar aforos in situ y contrastar con los resultados obtenidos.
2. Resulta necesario garantizar la existencia del ecosistema de bosques montanos, amenazado por la dinámica de deforestación, puesto que la población lo reconoce como un elemento que protege el agua y la biodiversidad debido a los servicios ambientales que proporciona, y por su contribución con la generación de los recursos hídricos que abastecen a la actividad agrícola del cultivo de arroz.
3. Bajo la motivación de reducir los patrones de disminución de agua, se recomienda explorar acerca de la implementación de técnicas de cultivo de arroz que requieren menos agua (eficiencia en el uso del agua) y/o la sustitución de cultivos de arroz por otros productos que ofrezcan un buen rendimiento con menor un menor consumo de agua.
4. Continuar con la labor de difusión del potencial hídrico del ámbito de investigación y la concientización acerca de la importancia de cuidar el agua. Explorar la viabilidad de desarrollar criterios de ordenación del recurso orientado a la identificación y mantenimiento de áreas de importancia hídrica (zonas proveedores).
5. Incorporar la valoración económica como una herramienta para la cuantificación del recurso agua, que facilite la evaluación de costos y beneficios de la actividad arrocerá, el ajuste de tarifas por aprovechamiento de agua, generándose insumos para el desarrollo de mecanismos de incentivos o compensación ambiental para la conservación hídrica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aburto, E. (2003). *Valoración económica del servicio ambiental hidrológico de la microcuenca “Paso los Caballos” del municipio San Pedro de Potero Grande, departamento de Chinandega*. Nicaragua.
- Aguilera, F. y Alcántara, V. (1994). *De la Economía ambiental a la Economía Ecológica*. Barcelona: Fuhemm.
- Apeco. (2010). *Expediente técnico para el reconocimiento del área de Conservación Privada Copallín*. Documento de trabajo. Lima
- Apeco. (2013). *Análisis Histórico de la deforestación*. Documento de trabajo no publicado. Lima
- Apeco. (2013). *Línea Base: Caracterización de los beneficiarios de los servicios hídricos del ACP Copallín*. Documento de trabajo no publicado. Lima.
- Apeco. (2013). *Servicios Hídricos: Fuentes, Infraestructura y Usuarios*. Documento de trabajo no publicado. Lima.
- Argueta, L. (2005). *Propuesta de Valoración económica del servicio ambiental hídrico del bosque, microcuenca del río El Riachuelo, Montaña Las Granadillas, Zacapata*. Tesis de grado en Agrónomo en Recursos Naturales Renovables de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Autoridad Nacional del Agua (2012). *Compendio de los Recursos Hídricos Superficiales de Amazonas*. Lima
- Azqueta, D. (1994). *Valoración Económica de la Calidad Ambiental*. Madrid: McGraw-Hill.
- Azqueta, D. (2002). *Introducción a la Economía Ambiental*. Madrid: McGraw-Hill.

- Baltodano, M. (2005). *Valoración Económica de la Oferta del Servicio Ambiental Hídrico en las subcuencas de los ríos Jucuapa y Calico, Nicaragua*. Tesis Maestría en Socioeconomía Ambiental. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación, Costa Rica.
- Barrantes, G. (2004). *Informe Final Programa de Pago por Servicios Ambientales para el desarrollo y la conservación de la Reserva de Biosfera del Sureste de Nicaragua. Caso de estudio: Municipio San Carlos*. Fundación Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS). Costa Rica.
- Barrantes, G. (2006). *Metodología para la Valoración Económica del Recurso Hídrico como un Servicio Ambiental: caso de aplicación Cuenca del Río Tempisque*. Fundación Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS). Costa Rica.
- Barrantes, G., Vega, M. (2002). *El Servicio ambiental hídrico: Aspectos biofísicos y económicos*. Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS). Costa Rica,
- Barzev, R. (2002). *Guía Metodológica de Valoración Económica de Bienes, Servicios e Impactos ambientales: Un aporte para la gestión de ecosistemas y recursos naturales en el Corredor Biológico Mesoamericano*. Serie Técnica N. 4. Nicaragua.
- Bassi, L. (2002). *Valuation of land use and management impacts on water resources in the Leseado Sao José micro-watershed, Chapecó, Santa Catarina State, Brazil*. FAO, Landwater linkages in rural watershed. Case Study Series.
- Boyd, J., Banzhaf, S. (2006). *What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. Resources for the Future*.

- Burneo, D. (2003). *Herramientas para la valoración y manejo forestal sostenible de los bosques sudamericanos*. Programa de conservación de bosques UICN Sur. Ecuador.
- Cardona, C. (2008). *Implementación de Mecanismos de Compensación por Servicios Ambientales: Incentivos y Captura de carbono*. Estudio de Caso Procuencia Colombia. CENSAT Agua Viva y Coalición Mundial por los bosques, Bogotá.
- Chow, V., Maidment, D., Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Traducción de la primera edición en inglés. Colombia: McGraw- Hill.
- Constanza, R., R. d'Arge., R. de Groot., Stephen F., Mónica G., Bruce H., Karin L., Shahid N., R. O'Neill, José P., Robert R., Paul S., Marjan B. (1998). *The value of the World's ecosystem services and natural capital*. Ecological Economics 25 (1).
- Cordero, D., Moreno, A., Kosmus, M. (2008). *Manual para el desarrollo de mecanismos de pago/compensación por servicios ambientales*. GTZ, INWENT. Quito.
- Corrales, E. (2007). *Estrategias de Manejo para los bienes y servicios ambientales asociados a la biodiversidad identificados y priorizados por la comunidad en la cuenca media del río Otún (Vereda La Suiza, Pereira Risaralda)*. Tesis grado en Administración del Medio Ambiente. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, Colombia.
- Corredor Biológico Mesoamericano. (2002). *Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales*. Serie técnica 04. Managua. Nicaragua.
- De Groot, R. (2002). *A typology for the description, classification and valuation of ecosystem, functions, goods, and services*. Ecological Economics.

- Dimas, L y Martínez, M. (2007). *Valoración Económica de los Servicios Hidrológicos: Subcuenca del Río Teculután*. Guatemala: Programa de Comunicaciones WWF Centroamérica.
- Echevarría, M. (1999). *Agua: Valoración del servicio ambiental que prestan las áreas protegidas*. The Nature Conservancy. Arlington, Virginia: America Verde Publications.
- Emanuel, C., Ecurra, J. (2009). *Informe Nacional sobre la gestión del agua en el Perú*. Lima.
- Espinoza, N., Gatica, J., Smyle, J. (1999). *El Pago por Servicios Ambientales y el desarrollo sostenible en el medio rural*. Unidad regional de asistencia técnica, serie de Publicaciones RUTA. Costa Rica.
- FAO. (2004). El Arroz y el agua: Una larga historia matizada. Disponible en [www.rice2004.org](http://www.rice2004.org)
- Field, B. (1995). *Economía Ambiental: Una Introducción*. España: Mc.Graw-Hill.
- Field, B., Field, M. (2003). *Economía Ambiental 3ª ed*. España: McGraw. Hill.
- Gobierno Regional de San Martín. (2005). *Propuesta de Zonificación Ecológica Económica” Gobierno Regional de San Martín*. Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana IIAP. Moyobamba.
- Gutiérrez, J. (2002). *Valoración económica del servicio ambiental hídrico en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, y propuesta para su incorporación en la tarifa hídrica, Matagalpa, Nicaragua*. Tesis Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación, Costa Rica.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2003). *Metodología de la investigación. Tercera edición*. Mc. Graw – Hill. México.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt". (2009). *Valoración económica de los servicios hídricos y de*



*biodiversidad del Cerro La Judía*. Programa de Uso y Valoración. Colombia.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). *Compendio Estadístico 2014*. Lima.

Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1994). *Mapa Fisiográfico del Perú – Memoria Explicativa*. Lima.

Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1995). *Mapa Forestal del Perú – Memoria Explicativa*. Lima.

Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1996). *Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana*. Lima.

Instituto Nacional de Recursos Naturales. (2000). *Mapa Forestal del Perú – Memoria Explicativa*. Lima.

Instituto Nacional de Recursos Naturales. (2008). *Plan Maestro del Bosque de Protección Alto Mayo 2008 – 2013*.

León, E (2010). *Valoración económica de los Recursos Naturales del macizo montañoso La Montañona y disponibilidad de pago por servicio ambiental hídrico, por la población de La Mancomunidad la Montañona, en el departamento de Chalatenango*. Tesis de Maestría en Ciencias en gestión Integral del Agua. Universidad de EL Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. El Salvador.

Llerena, C. (2003). *Servicios Ambientales de las cuencas y la producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú*. Universidad Agraria La Molina. Lima.

Loyola, R. (2007). *Valoración del Servicio Ambiental de Provisión de Agua con base en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca – Cuenca del Río Chili*. PROFONAMPE. Lima.

Machín M., Casas V, M. (2006). *Valoración económica de los recursos naturales, perspectiva a través de los diferentes enfoques de*

*mercado*. Revista Trimestral Latinoamericana y Caribeña de Desarrollo Sustentable, No. 13, vol.4.

Maldonado, M., Kosmus, M. (2003). *El pago por Servicios Ambientales: Una alternativa para disponer de agua en cantidad y calidad*. Tungurahua, Ecuador.

Malleux, J. (1975). *Mapa forestal del Perú*. Lima

Martínez, R. (2008). *Guía Conceptual y Metodológica para el Diseño de Esquemas de pagos por Servicios Ambientales en Latinoamérica y el Caribe*. Departamento de Desarrollo Sostenible - DDS Organización de Estados Americanos- OEA Washington D.C. E.U.

McNeely J. (2007). *A zoological perspective on payments for ecosystem services*. Integrative Zoology.

Miller, Tyler. (1996). *Living in the Environment: Principles, Connections and Solutions*. Wadsworth Publishing Company. Estados Unidos.

Ministerio de Agricultura. (2005). Plan Nacional de Reforestación. Lima

Ministerio de Agricultura. (2008). *Costos de producción y perspectivas de la rentabilidad del cultivo de arroz: Campaña Agrícola 2008-2009*. Dirección General de Información Agraria. Lima

Ministerio de Agricultura. (2012). *El Arroz: Principales aspectos de la cadena productiva*. Dirección General de Competitividad Agraria. Lima

Ministerio del Ambiente. (2009). *Mapa de la deforestación de la Amazonía Peruana 2000*. Lima

Ministerio del Ambiente. (2011). *Estudio Piloto de la Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad de San Martín*. Documento no publicado. Lima.

Ministerio del Ambiente. (2015). *Guía Nacional de Valoración Económica del Patrimonio Natural*. Lima

Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. (1994). *Mapa Ecológico del Perú – Guía Explicativa*. Lima.

- Ortiz, A. (2000). *Valoración económica de los bienes y servicios ambientales producidos por las áreas protegidas de Guatemala: sistema guatemalteco de áreas protegidas: manual para la metodología de valoración económica de bienes y servicios ambientales*. Guatemala.
- Pagliettini, L., Gil, G. (2008). *El valor del agua en el proceso productivo. Análisis de la Cuenca del Río Miriñay*. Facultad de Agronomía UBA - Economía Agraria. Revista brasilera de recursos hídricos, 13(3): 165-175. Brasil.
- Pearce, D and Turner. (1995). *Economics of Natural Resources and the Environment*. The Johns Hopkins University Press.
- Pearce, D. y Morán, D. (1989). *The Economic Value of Biodiversity*. The World Conservation Union, Londres.
- Reátegui, F; Martínez, P (2007). *Estudio forestal de la Zonificación Ecológica y Económica de Amazonas*. Perú.
- Reyes, V., Falas, J., Miranda, M. (2002) *Parámetros para la valoración del servicio ambiental hídrico brindado por los bosques y plantaciones de Costa Rica*. Costa Rica.
- Rogers, P., Bhatia, R., Huber, A. (2001). *El agua como un bien económico y social: como ponerlos principios en práctica*. Asociación mundial del agua (GWP). TAC background papers. No2. Suecia.
- Rügnitz, T. (2011). *Aprendiendo sobre pagos por servicios ambientales. Fundamentos para la elaboración de carbono forestal*. Forest Trends.
- Samuelson, P; Nordhaus, W. (1996). Economía. 15 ed. McGraw Hill / Interamericana de España. España.
- Sánchez, B. (2005). *Una propuesta de valoración para el recurso hídrico de la cuenca Alta del río Botanamo, estado Bolívar. Venezuela*. Tesis Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Experimental de Guayana. Venezuela.

Seitz, G. (2010). *Informe sobre las características socioeconómicas y culturales para la creación de un área de conservación privada en la comunidad campesina de Copallín*. Documento de trabajo no publicado. Lima

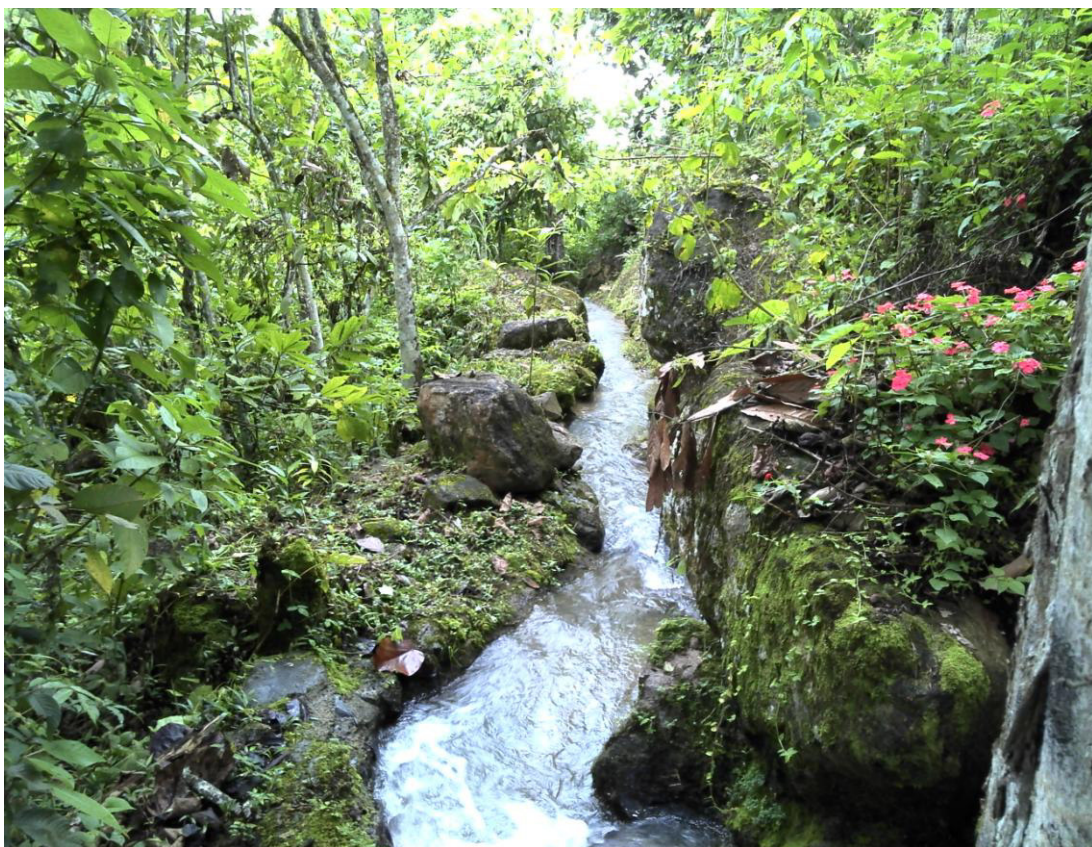
The Millennium Ecosystem Assessment Board. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*.  
[www.mileniumassessment.org](http://www.mileniumassessment.org).

Tietenberg, T. (1988.). *Environmental and natural resource economics*. Scott Foresman And Company. Boston.

## **ANEXOS**

**FOTOS**





**Vista de la quebrada San Juan, en la localidad de San Juan de la Libertad.**



**Afluente de la quebrada Naranjitos, en la localidad de La Libertad.**





**Vista de la quebrada El Ron, en la comunidad de Llunchicate.**



**Vivienda típica en las comunidades nativas y en los alrededores áreas deforestadas.**





**Cultivos de arroz en la localidad de La Libertad, quebrada Naranjitos.**



**Cultivos de Arroz en la localidad de Naranjitos Alto, quebrada Naranjitos.**



**Terrazas con cultivos de arroz recién cosechados y quemados en la localidad de Misquiyacu Alto, quebrada Naranjos.**



**Pastizales en la localidad de Copallín, quebrada Copallín.**

## MAPAS



